



DELL' ARCHITETTURA MILITARE

PER LE REGIE SCUOLE TEORICHE
D'ARTIGLIERIA, E FORTIFICAZIONE

LIBRO QUINTO

In cui si contengono le Regole Fisico-Meccaniche; che alla soda, ed insieme economica costruzione delle Fortificazioni conducono.

DEL COMMENDATORE
ALESSANDRO VITTORIO PAPACINO D'ANTONJ
Maggiore generale di Fanteria, Aiutante generale dell'Armata, e Direttore generale delle suddette Scuole di Teorica e Pratica.



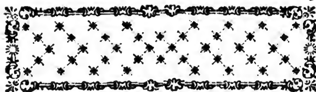
TORINO MDCCLXXXI.
NELLA STAMPERIA REALE.

INDICE

PARTE TERZA.

PARTE QUARTA.

PARTE QUINTA.



DELLE FABBRICHE MILITARI.

1. Due sono gli oggetti primari dell' Architetto militare, allorchè dee ideare, e costruire una fortezza permanente in un sito già eletto. Consiste il primo nel determinare la figura, e la posizione delle parti della fortezza in modo, che queste si difendano scambievolmente, e venendo l' inimico a collocare le sue prime batterie ne' siti favorevoli, che trovansi nella vicina campagna, i tiri riescano obbliqui contro le parti battute, e quando il medesimo s' alloggia nelle opere esteriori, vi si trovi così ristretto, che il suo fuoco sia inferiore a quello de' difensori, e i suoi lavori siano esposti ai colpi di fronte, e di fianco cacciati dalla fortezza. Consiste poi il secondo oggetto nel costruire la Piazza permanente colla maggior sodezza possibile, e nel combinare questa sodezza

con una giudiciosa economia : e poichè ne' precedenti libri di questa Architettura militare si è già trattato diffusamente di tutto quanto s' appartiene al primo oggetto , così considereremo in questo le varie maniere di disporre, ed operare , che al secondo oggetto si riferiscono.

Fra le cause principali , che contribuiscono a rendere saldo un edificio , s'annoverano le qualità de' materiali , il modo di metterli in opera , e la conveniente proporzione fra le parti componenti la fabbrica. Questa verità , che forma uno de' primi assiomi dell' Architettura civile, dee poi nella militare essere corroborata da altre considerazioni ; avvegnachè le fabbriche di guerra , oltre quella sodezza , che aver debbono comune colle civili , per cui le parti si reggono , e scambievolmente si collegano , hanno poi anche a resistere a forze estranee molto poderose, come sono la pressione de' terrapieni contro le muraglie di cinta , l' urto delle bombe contro le volte de' quartieri , e de' magazzini ec.

La teoria , per cui si giugne a individuare le proprietà de' materiali , che

s'adoperano nel fabbricare, a manipolarli, e combinarli nella maniera più vantaggiosa, a determinare ne' pilastri, nelle muraglie, e nelle volte quelle misure, che nello stato dell' equilibrio somministrano la necessaria resistenza, in somma a disporre, ed a operare con chiara, e precisa cognizione di causa, quella teoria, dissi, serve nel medesimo tempo a schivare ogni spesa superflua; il che tutto costituisce la giudiciosa economia.

2. A fine di conseguire i divisati vantaggi si è diviso questo libro in cinque parti.

Nella prima si tratta delle proprietà de' materiali, che s'adoperano nel costruire le muraglie.

Nella seconda si danno gl'indirizzi, e le avvertenze per mettere in opera i materiali secondochè si conviene alla loro qualità, ed alla natura del suolo, in cui si fabbrica.

La terza parte tratta delle spessezze delle muraglie, per cui queste resistono nello stato dell'equilibrio alle forze, che tendono a distruggerle.

Nella quarta si ragiona delle qualità de' legnami, e de' ferramenti, che

s' adoperano nelle fabbriche, e dei modi di connetterli, e combinarli in varie guise, secondochè meglio si conviene all'uso, cui si destinano.

Nella quinta finalmente si adducono i principj idraulici per farne uso a beneficio delle fortezze.

PARTE PRIMA

Delle Proprietà de' materiali, che s'adoperano nel costruire le muraglie.

3. Ognivoltachè la cinta di una fortezza si potrà intagliare nella roccia, o nel tufo molto duro, o in qualche altra materia impenetrabile, o molto resistente agli urti delle palle di gran calibro, converrà approfittarsi di sì gran vantaggio, giacchè con tale ripiego si ritarda considerabilmente la resa della Piazza; ma se dal sito, che si dee fortificare, non si potrà ottenere una cinta così utile, converrà costruirla con muraglie, adoperando perciò, come è notissimo, calcina, arena, e pietre naturali, o fattizie, i quali materiali siccome sono formati con una, o più delle quattro specie primitive di terra, cioè

1.ª Calcarea
2.ª Gessosa
3.ª Argillosa
4.ª Vetrificabile, così daremo di ciascheduna di queste una particolare notizia.

4. Le pietre naturali altro non essendo, che terra strettamente unita per mezzo di un glutine, consegue, che le loro proprietà dipendono da quelle della specie di terra, con cui sono formate.

Fra queste pietre alcune sono sensibilmente pure, cioè appartengono a una sola delle terre primitive, altre poi sono composte di due, o più d' esse terre, e perciò si chiamano *miste*, e s' adoperano solamente in qualità di pietre nel costruire le muraglie; ma le pure si usano anche in qualità di terra, come sono la calcina bagnata, il gesso, la pozzolana, la terra per fare il mastice ec.

CAPO PRIMO.

Della Calcina da murare.

5. Tutte le pietre, che sono state esposte a certo grado di fuoco senza però liquefarsi, generalmente parlando, si dicono *calcinate*; ma si distinguono solamente col nome di calcina quelle, che sono della prima specie (§. 3), cioè di natura calcarea, stantechè la calcina da murare ricavasi solamente da questa sola specie di pietre.

6. Le pietre calcaree ſi trovano in molti luoghi, e ſi diſtinguono con diverſi nomi, come ſono le pietre dette *da taglio*, quelle volgarmente dette *da calcina*, i marmi di differente ſpecie, la creta dura in forma di pietra, la pietra giudaica, e quella per fare il maſtice. S'annoverano pure fra le materie calcaree il corallo, le oſſa degli animali, le diverſe ſpecie di conchiglie, e la creta denominata volgarmente *malga*, la quale è aſſai propria per rendere il terreno fruttifero, e che convien diſtinguere dalla terra de'pentolai, volgarmente detta *terra graſſa*.

7. Le mentovate pietre per l'ordinario ſono pure, ma ſe ne danno molte altre, che ſono miſte, nelle quali però la parte dominante è la materia calcarea.

Per diſtinguere con ſicurezza le pietre calcaree dalle altre di ſpecie diverſa, oltre quella notizia, che l'aſſuefazione, eſaminandole eſternamente, può ſomminiſtrare, una più ſicura norma quì ſi addita. Baſta per ciò ricordarſi, che gli acidi hanno una grande affinità colla terra calcarea (Inſt. Fiſico-Meccaniche), e che queſt' affinità più non ſi

manifesta colle altre specie di terra; ciò posto, si ridurrà in polvere la pietra, di cui si desidera conoscere la qualità, e sopra questa polvere si verserà una quantità d'acqua forte, o d'acido universale. Se non si ecciterà effervescenza alcuna, sarà segno certo, che la pietra non è nè calcarea, nè mista con questa specie di terra; ma si dirà di natura calcarea, se seguirà l'effervescenza, la quale, a misura, che sarà più forte, dimostrerà meno impura la pietra, e conseguentemente più propria per essere convertita in calcina da murare. Ancorchè le pietre miste, in cui domina la materia alcalina, producano calcina da murare, tuttavia, siccome la quantità, che se ne ricava, corrisponde solamente alla materia calcarea in esse contenuta, così, se la parte eterrogenea è troppa, più non torna a conto di farle calcinare, poichè con un gran consumo di legna si ricava poca calcina in ciascheduna cotta.

La materia eterrogenea, che incontrasi in queste pietre, si manifesta poi dopo la calcinazione in forma di ghiaia, o di vetro, che convien separare dalla calcina. Talora questa materia apparisce

in forma di terra polverizzata, la quale, non potendosi separare, è poi contraria a quell'adesione, che si cerca ottenere dalla calcina.

8. Fra le pietre calcaree pure le più dure producono per l'ordinario calcina di miglior qualità; tuttavia, quando si tratta di fare una fabbrica di notabile spesa, sarà cosa molto prudente, dopo d'avere riconosciute nel modo dato (§.7) le pietre calcaree le più pure, che s'incontrano in que' contorni, il farne calcinare diverse separatamente, e indi esplorarne la bontà per via di altri sperimenti, di cui si parlerà quì appresso.

9. Diverse sono le maniere di convertire le pietre calcaree in calcina da murare. Per dare una sufficiente idea di quest' operazione, descriveremo una di quelle, che si praticano in corso di fabbrica.

Riconosciuta prima d'ogni cosa nei contorni di quel paese, in cui si dee fabbricare, quale sia la miglior qualità di pietre per fare la calcina, si farà la fornace a conveniente distanza dal sito, dal quale si cavano queste pietre, costruendo a tal fine una muraglia, che

abbia internamente la figura cilindrica del diametro di piedi 12 in 15, ed altrettanto alta, la quale avrà pure un'apertura da cima in fondo, che *porta* si chiama, di piedi 2 $\frac{1}{2}$ circa di larghezza.

L'esterna parete della fornace si cuopre con molta terra per tenere il fuoco maggiormente concentrato, e se ne lascia libera la porta, affinchè i lavoranti possano fare le convenienti operazioni per calcinare le pietre.

Nel centro della fornace, e nel piano di essa si collocano le pietre più grosse, e dure, facendo una specie di volta sferica di piedi 5 in 6 di diametro, lasciando fra l'una, e l'altra pietra dei vani di once 3 in 5, affinchè la fiamma possa passare liberamente, ed avanzarsi anche nei siti più lontani. Intorno questa prima disposizione se ne forma un'altra consimile con pietre meno grosse, e si continua a così fare, finchè la fornace sia piena; dovendo le pietre più picciole, e meno dure terminare il riempimento. Ciò fatto si chiude d'alto in basso la porta con una muraglia, lasciandovi inferiormente un buco di once 15 circa in

quadratura, il quale comunica immediatamente col vano lasciato nel centro della fornace per mezzo di un andito fatto colle medesime pietre, che si vogliono calcinare, e serve questo buco per introdurre i fascinacci nel vano centrale, che *forno* comunemente si appella.

10. Disposte così le cose, si principia a introdurre nel forno alcuni fascinacci, abbruciandone tanto che basti per asciugare le pietre; dopo del che si accresce notabilmente il fuoco a fine di calcinarle, conoscendosi, che le pietre sono cotte a dovere, allorchè dal buco della fornace esce un fuoco vivo in forma di cono alto alcuni piedi senza mescuglio notabile di fumo.

Si conosce pure, che la calcina è cotta, allorchè si osservano le pietre di color bianchiccio, e risplendente: allora si desiste dal fuoco, e si lascia raffreddare la fornace; di poi si estrae la calcina, e si mette in un sito ben secco, e chiuso, affinchè non si estingua all' umido, e si sminuisca la quantità di quella, che va cadendo in polvere, la quale, come vedremo, più non è buona per murare.

11. Nel far calcinare le pietre si debbono usare le seguenti avvertenze

1.ª Che i fascinacci non siano troppo verdi, poichè in questo stato sono dannosi alla cotta, ed alla qualità della calcina.

2.ª Che principiato il fuoco attivo per la calcinazione si proseguisca senz' interrompimento, poichè, altrimenti facendo, più non si calcinerebbero le pietre.

3.ª Allorchè spira un picciol venticello, e l'atmosfera contiene pochi vapori, la calcina si fa assai meglio di ciò avvenga, quando piove, o soffiano venti gagliardi.

12. Le pietre, dopo d' essere state calcinate al divisato segno (§. 10), s' appellano *calcina viva*; osservandosi, che in questo stato il peso loro è sminuito di un terzo circa, e che facilmente si possono rompere, e sfarinare. In oltre la calcina cotta a dovere ha un sapore acre, e caustico, e, se s'immerge nell' acqua, produce una grande effervescenza accompagnata da calore, di modo che, se si mette una di queste pietre grosse entro tal quantità d' acqua, che vi resti immersa per la metà circa, e

con rimafugli fecchi di fafcine, e di cefpugli fi copre l'altra parte, che ftà fuori dell'acqua, per poco che fi foffi ful fumo, che s'eccita nell'effervefcenza, s'accendono tai frammenti, e fi manifefta la fiamma.

13. Per fervirfi della calcina nelle fabbriche è neceffario mefcolarla prima con una competente quantità d'acqua pura, chiamandofi *calcina eftinta*, allorchè s'impiega quella fola quantità d'acqua, di cui è capace fatollarfi la calcina viva.

Allorchè la calcina è eftinta, fi trova ridotta in polveruzza (operazione, che dagli artieri dicefi *bagnare la calcina*), e per farla a dovere non fi dee verfare tutt'ad un tratto l'acqua neceffaria per fatollarla, e nè meno fe ne dee mettere troppo poca; avvegnachè coll'abbondare s'impedifce quell'effervefcenza, che efigefi per ridurre tutta la calcina nello ftato di polveruzza, e fe l'acqua è fcarfa, più non fi produce l'effervefcenza al fegno, che fi conviene; onde molte parti della calcina fi rimangono ancora vive, e quefte riefcono non folo infruttuofe, ma coll'andar del tempo fanno effervefcenza entro il muro, e vi producono difgiunzioni notabili.

14. Dopo d' aver bagnata la calcina coi dovuti riguardi, si aggiugne altr'acqua a fine di renderla più liquida, ed in tale stato si fa scorrere entro una gran fossa situata inferiormente a quella, in cui si è estinta.

Se l'acqua, che si aggiugne, è poca, si dice, che *la calcina è liquefatta*; ma se l'acqua è molta, si dice, che *la calcina è annegata*. In questo caso le sue parti anche le più fine, venendo disciolte, si mantengono per tempo notabile sollevate nell' acqua; onde si manifesta un liquore bianco, ed opaco, che si appella *latte di calcina*. Se poi si lascia il liquore in riposo per tempo considerabile, diventa trasparente, e si chiama *acqua di calcina*. Il sedimento, che si trova in fondo della fossa, si chiama *calcina lavata*, e la pellicella cristallina alquanto opaca, che osservasi sulla superficie dell' acqua, si chiama *fiore*, o *schiuma di calcina*.

15. La calcina viva s' estingue anche all' aria per causa dei vapori, che in questa contengonsi, senza però produrre effervescenza sensibile. Se la calcina sarà in forma di pietra, esigerassi un tempo

lungo, perchè s' estingua interamente; ma l' effetto si produrrà in un tempo assai più breve, se si ridurrà in polvere la calcina viva; poichè in questo stato presenta all' aria una gran superficie, e quindi maggior quantità di vapori assorbisce in un medesimo tempo.

Siccome la calcina estinta all' aria più non s' indurisce, quantunque sia mescolata coll' acqua, e coll' arena, così, nell' accettare la calcina viva per bagnarla, si rifiuta sempre quella in polvere, perchè già si considera come estinta all' aria, e solo si riceve per buona la calcina in pietre.

Per evitare, che la calcina non s' estingua all' aria, si fa cuocere quella quantità di pietre solamente, che si può consumare in pochi giorni, o si procura di accrescere i recipienti per poter bagnare tutta la cotta.

16. Le proprietà della calcina sono molte, onde se ne fa uso non solo nel fabbricare, ma ancora nelle operazioni chimiche, e nella medicina. Noi qui assegneremo quelle proprietà principali, che a notizia degli Architetti esser debbono.

1.ª La calcina da murare ha molte proprietà saline, che assai si rassomigliano a quelle degli alcali fissi; imperciocchè, mescolandosi con differenti specie d' acidi, si producono sali diversi, e, se si combina cogli alcali fissi, s'accresce notabilmente il loro caustico, e diventano più attivi.

2.ª Un sal neutro pure ricavasi, mescolando la calcina coll' acqua, ed è ciò, che abbiamo denominato *fior di calcina* (§. 14), e questo osservasi della medesima natura della Selenita.

3.ª Nella calcina si manifesta pure l'acido vitriolico, poichè, mescolando un alcali fisso coll' acqua di calcina, si produce un tartaro vitriolato, e mescolando la calcina con materie flogistiche si genera il solfo.

4.ª La calcina estinta coll' acqua, e mescolata con una conveniente dose d' arena acquista legamento, e s' indurisce, riuscendo maggiore questa tenacità, allorchè la calcina è stata bagnata già da gran tempo, motivo, per cui gli Antichi non adoperavano la calcina nelle fabbriche, se non due anni dopo d' averla bagnata.

5.ª

5.ª La diverſa quantità de' ſali, che s' incontrano nelle calcine provenienti da pietre di differente ſpecie, varia la tenacità, che queſte acquiſtano nell'eſſere adoperate in fabbrica.

6.ª La calcina lavata, trovandoſi ſpogliata della maggior parte de' ſuoi ſali, rieſce poco atta per coſtruire muri ſodi; onde è neceſſario aſpettare, che l'acqua ſuperflua ſi evapori, ed in tal guiſa ſi reſtituiſca alla calcina la maggior parte de' ſali, che ſtavano diſciolti nell' acqua.

7.ª Se, mentre la calcina fa effervescenza, ſi meſcola coll' arena, o colla pozzolana, e immantinente ſi mette in opera in ſiti molto umidi, il meſcuglio diventa duriſſimo in poco tempo, ſpecialmente quando s' adopera una calcina molto attiva, che comunemente ſuol chiamarſi *calcina forte*.

8.ª La calcina viva meſcolata colla chiara di uovo, coi latticini, o con altri corpi mucoſi forma un cemento, che s' indurisce fortemente in poche ore, dopo le quali reſiſte al caldo, ed all'umido allora che s' adopera nell' unire le parti diſgiunte di un vaſo di maiolica,

o di porcellana. A tal fine si piglia una libbra di siero di latte proveniente dalla ricotta, e con un feltro per carta se ne separano esattamente le parti caciose. Si sbatte ben bene a parte una chiara d'uovo, indi si mescola col siero, sbattendo a dovere il mescuglio; dopo del che vi si unisce una porzione tale di calcina viva ridotta in polvere impalpabile, che il tutto formi una pasta abbastanza consistente per essere adoperata come cemento.

9.ª Se la calcina, dopo essere stata estinta coll'acqua, s'espone a un fuoco attivissimo, ritorna nel suo pristino stato di calcina viva. Tale operazione si chiama *risuscitare la calcina.*

Allorchè una casa ha sofferto un grande incendio, si osserva, che le muraglie si vanno sfarinando, perchè una parte della calcina, essendosi risuscitata, si va poi estinguendo all'aria, e più non serve a unire i mattoni come prima; e se il muro è stato costrutto con pietre calcaree, o gessose, queste cadono pure in farina, attesa la calcinazione sofferta, onde conviene riedificare il muro.

17. L' adesione diversa , che si produce nel muro per causa delle diverse quantità de' sali, che s' incontrano nelle calcine provenienti da pietre di differenti specie (§. 16 n. 5) ha dato motivo in corso di fabbrica a distinguere la calcina in tre specie.

La prima si chiama *calcina forte*, ed è quella, che dee adoperarsi nelle fondamenta, ed in tutti i siti umidi, ed acquatici.

La seconda specie dicesi *ordinaria*, e si adopera in mancanza della prima a causa della minor tenacità, che produce nei muri soggetti all' umido; ma, qualora si tratta di servirsene nelle fabbriche isolate, e costrutte in siti secchi, s' incontrano delle calcine ordinarie, le quali producono muri più sodi di quelli s' ottengono dalla calcina forte; per esempio se la calcina di Pecceto villaggio situato nelle vicinanze di Valenza si adopera fuori di terra in siti secchi, le muraglie riescono di qualità assai migliore di quelle, che sono costrutte in somiglianti circostanze colla calcina forte di Casal Monferrato, la quale ne' siti umidi, ed acquatici acquista una durezza considerabilissima.

Finalmente la terza ſpecie di calcina ſi chiama *dolce*, atteſo il tenue legamento, che produce nella coſtruzione delle muraglie; e però non ſe ne dee mai fare uſo nelle fortificazioni.

18. Noi poſſiamo migliorare la qualità della calcina per mezzo della 5.ª, e 6.ª proprietà (§. 16). A tal fine ſe ne lava una quantità conſiderabile, e coll'acqua di queſta ſi bagna, o ſi lava altra quantità, indi coll' acqua di queſta ſeconda calcina ſe ne bagna una terza quantità, la quale, contenendo i ſali delle precedenti, produce poi maggior tenacità nel muro.

Somigliante ripiego non ſi dee però adoperare ſe non in que' caſi, ne'quali, eſſendo indiſpenſabile avere calcina d'ottima qualità, non ſi trova mezzo più economico di queſto, giacchè le calcine, come ſovra, lavate più non ſono proprie per coſtruire muri ſodi.

19. Dalle proprietà deſcritte (§. 16) ſi ſcorge pure che, ſe nell' eſtinguere la calcina s'impedirà, che non isfugga il fumo, che da queſta s'inalza in tempo dell'effervefcenza, cioè a dire ſi procurerà nel bagnare la calcina, che queſta

non perda veruno de' suoi sali, se ne ricaverà il miglior uso possibile. Per ottenere questo vantaggio si fa una fossa, che si rivestisce internamente con una muraglia, per impedire, più che si può, la feltrazione dell' acqua, dopo del che s' empie la fossa colla calcina viva, che si uguaglia a dovere, e successivamente si copre con arena per l' altezza di un piede circa; indi per mezzo di un canale s' introduce una quantità d' acqua atta a empiere la fossa in un' ora circa, affinchè la calcina s' estingua coi riguardi descritti (§. 13), e mentre l' acqua scorre entro la fossa, si chiuderanno con altr' arena le crepature, che si formeranno in quella, che già copre la calcina, e per le quali si vedranno uscire copiosi i fumi dell' effervescenza.

Se la calcina bagnata in questa conformità s' adopererà dopo due anni, si troverà, ch' è ottima per costruire muraglie, ed anche per fare stucchi.

20. La gran quantità di calcina, che s' impiega nelle fortificazioni, la mancanza di tempo, e di sito sono cagione, che si prescinde dalla mentovata vantaggiosa maniera di estinguere la cal-

cina, e che si bagna nel seguente modo.

Si scavano due, ò più fossa, che si rivestiscono internamente con muraglia, e superiormente a ciascheduna si fa con assi, ò con mattoni uno, o due recipienti denominati *bagnuoli*, il cui vano è di piedi 20 in 40 cubi. Si mette la calcina viva entro uno di questi bagnuoli, e si versano sopra due, o tre secchioni, volgarmente detti *cebri*, d'acqua pura, e di tanto in tanto si mescola la materia con istrumenti a ciò atti, ed a misura, che si osserva l'acqua assorbita in buona parte, se ne aggiugne dell' altra, e si rimescola come prima, la qual cosa si ripete alternativamente, finchè sia cessata l'effervescenza, ed allora si aggiugne tant' acqua, che basta per rendere liquida la calcina, che si fa poi scorrere entro la sottoposta gran fossa, la cui capacità esser dee ottupla, o decupla di quella del bagnuolo.

Nella stessa maniera s' opera nel bagnuolo contiguo, e si proseguisce la bagnatura, finchè la gran fossa sia piena di calcina liquida in modo però, che in pochi giorni possa coll'evaporarsi riuscire di qualche consistenza, affinchè se

ne possa estrarre una porzione per essere impastata coll' arena, e quindi adoperata nella costruzione delle muraglie.

21. Allorchè le pietre calcaree, che sono state calcinate, non sono pure, fa di mestiere separarne le materie eterrogenee grossolane; la qual cosa si fa col mettere un graticcio di filo di ferro avanti il buco, per cui la calcina liquefatta si scarica dal bagnuolo entro la fossa, dopo del che si estraggono queste eterrogeneità dal bagnuolo, e si proseguisce a estinguere altra calcina.

Il divisato graticcio serve anche per ritenere certe pietre di calcina, che, per non essere state bastantemente cotte, non hanno ancora potuto fare effervescenza, e che la farebbero poi con danno del muro, se mescolate coll' arena si mettessero in opera, come già è stato notato (§. 13).

CAPO II.

Del Gesso.

22. Le pietre per fare il gesso appartengono alla specie di terra denominata *gessosa*. Queste pietre sono assai comuni in diversi paesi, ed hanno un colore bianco, o bigio, e sono competentemente molli, come a dire le diverse specie d' alabastro, le pietre volgarmente dette *da gesso*, ed altre ancora più pure denominate *pietre specularie*. E se bene tutte queste pietre sembrino in apparenza di natura diversa, nulladimeno il gesso, che se ne ricava, ha le medesime proprietà senza disparità di grado. Le pietre denominate Alabastro di Busca sono un misto di materia gessosa, e calcarea, in cui quest' ultima abbonda.

23. Per conoscere le materie gessose, allorchè non si sanno distinguere dall'apparenza, basta ridurle in polvere fina, ed impastarle con una competente dose d'acqua pura. Se il pastone s' indurirà in poche ore, sarà segno, che la materia è gessosa.

In vece dell'acqua pura si può usare acqua di gomma arabica viscosa come un sciroppo, e fatta una pasta molto molle con questa polvere, si uniranno due corpi di superficie piana. Se, dopo che la pasta sarà secca, i due corpi staranno fortemente fra loro uniti, sarà segno, che la materia è gessosa. La polvere d'alabastro di Sicilia impastata colla dett'acqua di gomma unisce due corpi fortissimamente, e quest'unione dura, finchè un umido abbondante mollifichi l'impasto.

24. Diverse sono le maniere di calcinare le pietre gessose, e convertirle in gesso da murare. Qualunque però sia la maniera, che si adopererà nel calcinare queste pietre, si dovranno schivare due estremi, cioè di farle cuocere troppo, e di scarseggiare nella cotta, poichè in ambedue questi casi il gesso scapita nella sua bontà a misura, che la cotta s'allontana dal conveniente grado di fuoco.

25. Se la quantità della materia gessosa, che si vuol far cuocere, sarà poca, basterà convertirla in polvere, metterla indi entro una caldaia, e farvi

fuoco al disotto. In quest' operazione, allorchè la polvere arriva a essere secca, comincia a fare delle ebollizioni quasi che fosse mescolata coll' acqua, e oppone pochissima resistenza; onde per un certo tempo si può rimescolare, come se fosse un liquido, dopo del qual tempo, comincia a crescere la resistenza, e la polvere scorre come se fosse arena, segno certo, che il gesso è cotto a sufficienza, e proprio per murare.

Si fa anche cuocere il gesso collo spezzarne le pietre, e renderle della grossezza di una noce, indi fatto scaldare un forno da panattiere, come se si volesse far cuocere del pane, si estrae il fuoco, e si mettono dentro i mentovati pezzetti di pietra, e chiusane la bocca esattamente con loto, si lascia in tale stato, finchè il calore siasi dissipato; dopo del che, riaperto il forno, si trovano le pietre convertite in gesso assai atto per essere adoperato nelle fabbriche.

Se poi la quantità delle pietre, che si debbono calcinare, sarà considerabile, converrà valersi di una fornace, la quale non dee però essere troppo grande, poichè in caso contrario le pietre più

vicine al fuoco riescono soverchiamente cotte, mentre le più lontane non hanno avuto il necessario grado di calore.

26. Le proprietà del gesso cotto a dovere sono

1.ª L' indurirsi presto, e formare un corpo sodo, allorchè è mescolato per breve tempo con una competente quantità d' acqua pura.

2.ª La medesima quantità di gesso, e d' acqua, che impastata per breve tempo s' indurisce, più non s' assoda, se si continua a rimescolarla per un tempo lungo.

3.ª Il gesso, con cui si mura in sito secco, poco tempo dopo, che è stato cotto, acquista molt'adesione; ma, se si lascia esposto all'aria per alcuni mesi, più non serve a murare, e per ritardare questo deterioramento fa di mestiere, tosto che il gesso è cotto, metterlo entro barili ben chiusi, e collocarlo in sito secco.

4.ª Il gesso adoperato esternamente nelle fabbriche resiste poco alle ingiurie de' tempi, motivo, per cui s' impiega solamente nelle camere, ed in altri siti non esposti al gelo, nè all' umido.

5.ª I lavori di ſtucco gentili, o variamente configurati, come ſono i cartocci, fogliami, ſvolazzi, ed altri ſomiglianti ornamenti dell'Architettura civile, ſi fanno col geſſo, che ſi meſcola talora con un poco di calcina eſtinta, e d'arena.

6.ª Il geſſo, che è ſtato meſcolato coll'acqua, più non ſi reſuſcita, qualunque ſia il grado di fuoco, a cui ſi eſpone.

27. Col mezzo delle diviſate proprietà ſarà facile conoſcere, ſe il geſſo ſia ſtato cotto a dovere, e ſe ſia recente, baſtando perciò meſcolarne qualche porzione con poca acqua. Se il meſcuglio s'induriſce preſto, ſiamo certi della buona qualità del geſſo; ma, ſe tarderà ad aſſodarſi, ſi dovrà rigettare per eſſere mal cotto, o troppo vecchio.

CAPO III.

Dell' Argilla, e de' Mattoni.

28. La terra argilloſa ſerve a formare i mattoni, le tegole, ed i quadrucci per le fabbriche civili, e militari. Queſta

materia si trova abbondantemente in molti luoghi sulla superfice della terra, ed anche nelle sue viscere, ed è pura, o mista con altre specie di terra, solendosi chiamare *argilla ordinaria*, *terra de' pentolai*, *o terra grassa*, allorchè la materia argillosa forma la parte dominante nella terra mista.

L'argilla ordinaria abbonda in diverse regioni del Piemonte; ma la pura si ricava solamente dal territorio di Castellamonte villaggio situato nella Valle di Ponte nel Canavese.

L'argilla pura molto fina si distingue col nome *di bolo*, e, se questo è ben lavato, si chiama *terra sigillata*.

29. Fra le proprietà dell'argilla s'annoverano lo sciogliersi nell'acqua in parti molto fine, la facilità d'impastarsi, la viscosità, la mollezza, l'essere grassa al tatto, l'attaccarsi facilmente alla lingua, e l'attrarre le materie grasse, motivo, per cui s'adopera anche per isgrassare le lane, e per levare le macchie dagli abiti.

Mediante queste proprietà si può facilmente distinguere l'argilla dalle altre materie, che sono di specie diversa.

30. La facilità, con cui l'argilla posta nell'acqua si discioglie in parti finissime, ci somministra una maniera per separarla dalle altre materie, che sono grossolane, come a dire le pietruzze, l'arena, la terra talcosa ec., colle quali trovasi talora mescolata. A tal fine, dopo d'aver disciolta l'argilla nell'acqua, si fa passare la dissoluzione per un feltro, o staccio fino, e questo basta per ritenere le divisate eterrogeneità grossolane; ma, se le materie eterrogenee saranno molto fine, più non potrà ottenersi la separazione con tal mezzo.

Dalla diversa quantità, e qualità delle materie straniere, che per la loro finezza più non si possono separare dall'argilla in corso di fabbrica, nascono poi le differenti specie d'argilla ordinaria.

31. Il colore dell'argilla pura suol essere bianco, o bigio. Quelle poi, che hanno un color rosso, giallo, turchino, verde ec., sono impregnate di particelle ferrigne, per lo che si denominano *marziali*, e queste riescono anche fra loro di specie diversa per causa della finezza diversa delle parti ferrigne.

Le argille marziali si possono liberare dalle materie ferrigne, e quindi farle diventare bianche col discioglierle nell'acqua regia; ma queste operazioni si praticano solamente ne' laboratorj di chimica, allorchè si cerca di analizzare le terre di differente specie.

32. L'argilla impastata con una conveniente quantità d' acqua riesce molto trattabile, ed arrendevole, e per causa del suo glutine, e della sua viscosità si può convertire in vasi di differenti figure.

Dalla stessa viscosità deriva pure la proprietà, che hanno le terre argillose di potersi combinare fino a un certo segno colle materie vetrificabili, e tutt'ora indurirsi. Questo glutine è molto diverso da quello de' vegetabili, e degli animali, il quale contiene una sostanza salina, e qualche cosa d' accendibile, in vece che nel glutine dell'argilla non si può scoprire nè l'una, nè l' altra di queste due cose.

33. Altre proprietà s'osservano ancora nell'argilla, le quali debbono essere note agl' Architetti.

Se l'argilla bianca nel toccare un acido farà effervescenza, sarà segno

certo, ch' ella è meſcolata colla terra calcarea.

L' effervefcenza forte, che l' acido produce nell' argilla colorita, indica pure, che la materia calcarea abbonda nell' argilla; ma, ſe l' effervefcenza ſarà debole, ſi attribuirà all' eſſere groſſolane le parti ferrigne, che la coloriſcono, e ſe non ſi manifeſterà effervefcenza, ſi dirà, che ſono molto fine le parti ferrigne eſiſtenti nell' argilla colorita.

34. Altra proprietà eſſenzialiſſima dell' argilla è l' indurirſi al fuoco a miſura, che vi ſi laſcia più lungamente, di modo che, eſſendo poi percoſſa col battifuoco, eſcono molte ſcintille.

Queſta proprietà ſerve a ſcoprire l' argilla, allorchè è naſcoſta fra altre materie di natura diverſa; imperciocchè altre ſoſtanze argilloſe ſi danno, le quali, avendo perſo il loro glutine, più non ſi poſſono impaſtare, ma manifeſtano la loro natura, allorchè, eſpoſte al fuoco, s' induriſcono, come ſono *il tripolo*, *la matita roſſa*, volgarmente detta *craion roſſo*, e *lo ſmeriglio*. Queſte materie, allorchè ſono eſpoſte al fuoco, s' induriſcono

riſcono a ſegno tale, che ſcintillano, ſe ſono percoſſe col battifuoco.

L' argilla, dopo d' eſſere ſtata indurita al fuoco, manifeſta un'altra proprietà: Se i mattoni, le tegole, i quadrucci ec. ſi ridurranno in polvere, e queſta ſi meſcolerà colla calcina bagnata in conveniente proporzione, ſi farà un maſtice, che s'indurirà fortemente.

35. Se ſi laſcia ſeccare all' ombra un paſtone fatto coll'argilla pura, conſerva tutt' ora la ſua figura ſenza feſſurarſi; ma, ſe il paſtone ſarà fatto coll'argilla ordinaria, ſi feſſurerà in molte guiſe. Per impedire queſt' effetto è neceſſario di rimeſcolare il paſtone più d'una volta, e talora anche di aggiugnervi una porzione di polvere ricavata dall'argilla cotta (§. 34).

36. La difficoltà di avere in certi paeſi pietre naturali per fabbricare ha fatto ideare i mattoni, i quali ſi formano coll'argilla, e ſi fanno pure con queſta iſteſſa terra le tegole, ed i quadrucci, le quali coſe rieſcono di ottima qualità, ognivoltachè l'argilla è pura, anzichè i mattoni fatti con queſt' argilla ſono i ſoli, che ſi adoperano per co-

ſtruire le fornaci di riverbero per fondere il ferro, ed il bronzo, non eſſendo atta l'argilla ordinaria a reſiſtere al fuoco, che ſi fa in queſte fornaci.

37. Allorchè non ſi può avere l'argilla pura per formare le pietre fattizie, e che dall'argilla ordinaria non ſi potranno ſeparare le eterrogeneità a tenore del (§. 30), ſarà neceſſario prima d'ogni coſa conoſcere per via di ſperienze la qualità delle materie, che infettano l'argilla, e ſe riſulterà, ch'eſſe ſono calcaree, ſi dovrà aſſolutamente rigettare queſt'argilla, giacchè le pietre fattizie con eſſa formate ſi ſpezzano toſto che ſono eſpoſte all' umido, perchè la materia calcarea, eſſendoſi calcinata in tempo della cotta, fa poi effervescenza, e diſgiugne le parti argilloſe.

Se la materia eterrogenea ſi riconoſcerà geſſoſa, ſi dovrà pure rifiutare l'argilla; avvegnachè le pietre fattizie con eſſa coſtrutte rieſcono frangibiliſſime.

Se poi l'argilla ſarà miſta colle materie vetrificabili, in queſto caſo ſe ne potrà far uſo, e ſi potranno pure uſare le argille marziali, ognivoltachè non ſaranno ſoverchiamente impregnate di parti ferrigne.

38. Per fare le pietre fattizie si cerca un sito, in cui s'incontri argilla di buona qualità, e in gran copia: indi si comincia a scavarne tanto che basta per formare un pastone, e posta sopra un' aia la materia scavata, vi si getta sopra l'acqua necessaria per poterla rimescolare ben bene col mezzo di strumenti a ciò atti, la qual cosa si ripete per tre, o quattro volte, lasciando fra l'uno e l'altro rimescolamento un tempo sufficiente, perchè l'argilla si secchi esternamente: dovendosi quì osservare, che le pietre fattizie acquistano maggior tenacità a misura, che l'argilla è più rimescolata, e meglio impastata.

Terminato il pastone, si colloca in disparte in sito ombroso, e se ne forma un altro nella maniera avanti descritta.

39. Se nell'argilla, che si va scavando dal terreno, s'incontreranno pietre, o altre eterrogeneità grosse, si separeranno prima d'impastarla; ed ove ciò non basti, sarà necessario disciorre l'argilla nell'acqua, e farla passare per un feltro (§. 30), e dopo che la detta argilla avrà fatto il suo sedimento entro la fossa, si farà scolare l'acqua superflua,

e, quando il ſedimento avrà acquiſtato una qualche conſiſtenza, ſi porrà ſull'aia per eſſere impaſtato, come s' è detto (§. 38).

40. Terminato il meſcolamento dell' argilla in quella quantità, che ſi richiede per fare un competente numero di pietre fattizie, è neceſſario avere per eſſe i convenienti modelli di legno, le cui miſure ſogliono eſſere fiſſe, e ſtabilite in ciaſchedun paeſe.

Per dare una ſufficiente idea di queſt' operazione, deſcriveremo la maniera di coſtruire i mattoni, e quanto diremo di queſti ſervirà a dare lume baſtevole per la fabbricazione delle tegole, e de'quadrucci.

Sopra una panca a tal fine diſpoſta ſi mette una quantità d' argilla impaſtata, d'arena ſecca, ed una ſecchia d'acqua, indi l'operaio comincia a bagnare internamente il modello de' mattoni, e toſto lo aſperge coll'arena ſuddetta tanto che baſti, affinchè l'argilla non s'attacchi entro il detto modello, il quale di poi empie con una competente quantità d'argilla, che comprime fortemente colle mani, e indi con un pezzo di legno

termina di comprimerla ed uguagliarla nel modello, dopo del che cava fuori il mattone, lo espone al sole, e principiando da capo forma un altro mattone, e così successivamente proseguisce a lavorare.

Allorchè questi mattoni sono secchi a metà circa, toglie con un coltello tutto ciò, che può renderne irregolare il contorno, indi li colloca sopra un suolo alquanto elevato, affinchè, venendo a piovere, non si trovino in un sito allagato, e si disfacciano, e li dispone di due in due sul fianco più lungo, e sottile; formandone in tal guisa una lunga fila, sopra la quale ne mette ancora quattro, o cinque similmente disposte in modo però, che i mattoni si tocchino scambievolmente per la minor superficie, affinchè secchino più facilmente; dopo del che copre questa disposizione con tegole già cotte, o con tavole per ripararle dalla pioggia, e tutto d' intorno con frondi, o con paglia la difende pure dai raggi solari, i quali coll' attrarre l' umido con troppa violenza produrrebbero molte disgiunzioni ne' mattoni contrarie alla bontà, e al

legamento, che in essi ricercasi.

41. A questi indirizzi si debbono aggiugnere le seguenti avvertenze per avere mattoni d'ottima qualità.

1.ª Impastare l'argilla almeno una volta in novembre, e dicembre prima che cominci a gelare, e indi esporre gl'impasti ai geli dell'inverno, giacchè questi sono utilissimi per accrescere la viscosità nell'argilla. Cessato il gran freddo si darà poi principio a rimescolare di nuovo, e a bene impastare l'argilla almeno per una volta.

2.ª Nel principiar della primavera si convertirà in mattoni l'argilla già impastata, e si procurerà, che l'operazione sia terminata al più tardi in agosto, affinchè i mattoni possano seccare a dovere, prima di essere posti nella fornace, senza la quale avvertenza si fessurano in diversi siti.

42. Dopo che i mattoni sono ben secchi è necessario farli cuocere, la qual cosa si può praticare entro una fornace, o pure all'aria aperta, essendo però la prima maniera assai più economica della seconda, giacchè esige minor quantità di legna.

Nel far cuocere i mattoni nella fornace si possono usare modi diversi, ma il miglior di tutti è il seguente. Si fabbrica una fornace colla volta simile a quella de' pentolai, entro cui si dispongono i mattoni in maniera, che fra l'uno e l'altro si lasci un vano tale, che il volume di questi non oltrepassi $\frac{2}{3}$ della capacità della fornace, affinchè, passando facilmente la fiamma per questi vani, possa cuocere egualmente tutti i mattoni.

Il fuoco per la cotta si fa per intervalli, cioè a dire che dopo d'averlo mantenuto vivo per qualche tempo, si tralascia di aggiugnere legna, e si lascia sminuire gradatamente il calore entro la fornace; indi si eccita di nuovo il fuoco, e dopo qualche tempo si lascia come prima sminuire il calore, ripetendo alternativamente l'accensione, e la diminuzione del fuoco, finchè si conosce, che i mattoni sono ben cotti.

Se la fornace non avrà la volta, s'avrà l'avvertenza di non disporre i mattoni a troppa grande altezza, o pure se ne coprirà lo strato superiore con terra

ordinaria per la spessezza di un piede, affinchè questa faccia la funzione della volta, e tutti i mattoni riescano ben cotti.

43. Per conoscere se i mattoni cotti sono di buona qualità, basta batterli uno contro dell'altro; se il suono, che producono, riesce netto e forte, sarà segno che il mattone è di buona qualità, e contrariamente si rifiuteranno quelli, che producono un suono confuso, o sordo.

Se nell' autunno si distenderanno per terra i mattoni, e si lasceranno esposti al gelo dell' inverno, quelli, che nella primavera si troveranno sfarinati, manifesteranno la loro cattiva qualità, e all' opposito saranno ottimi quegli altri, che non saranno stati alterati.

Il pretendere di discernere la qualità de' mattoni dal solo colore è cosa troppo soggetta all'errore, poichè il colore serve solamente a distinguere i mattoni più, o meno cotti, allorchè questi sono formati colla medesima qualità d' argilla.

44. L'avidità del guadagno nei fabbricatori de' mattoni, e la falsa, ed apparente economia, che bene spesso s'osserva in coloro, che fanno lavorare a

proprie ſpeſe, ſono motivo, che ora ſi preferiſce un' argilla di qualità inferiore ſulla conſiderazione, che, trovandoſi queſta più vicino al ſito della fabbrica, ſi fa con ciò un riſparmio nelle condotte, ora ſi tralaſcia di ſeparare l' argilla dalle materie eterrogenee, e quaſi da tutti s' impaſta pochiſſimo, e ſolamente, tanto che baſta, per poterla configurare in mattoni.

La maniera, con cui a tempi noſtri ſi fanno cuocere i mattoni, è anche poco buona: imperciocchè nel diſporli entro la fornace ſi laſcia poco vano fra eſſi, à fine di collocarne un numero maggiore in ciaſcheduna cotta, e ſi mettono in oltre tanti mattoni gli uni ſopra gli altri, che le legna, le quali ardono nella parte inferiore della fornace, hanno pochiſſima azione ſopra quelli, che ſono collocati ſuperiormente, e mentre il gran fuoco vetrifica l'arena dei mattoni poſti negli ſtrati inferiori, e ne cuoce oltremodo l' argilla, i più lontani non ricevono nè meno la metà del fuoco, che è loro neceſſario. Di quì avviene, che in ciaſcheduna cotta ſi hanno mattoni di qualità differenti, le quali dalla

sola azione del fuoco derivano. Queste qualità si riducono in corso di fabbrica a tre, e sono

1.ª I mattoni denominati *ferrioli*, e sono quelli, ch' erano più vicini alle legna. Questa specie di mattoni s' adopera solamente nei siti molto umidi, e nelle fondamenta delle fabbriche.

2.ª I mattoni, che entro la fornace sono i più lontani dal fuoco, riescono mal cotti, e si denominano *albasso*. L' uso di questi è sempre cattivo in qualunque sito della fabbrica s' adoperino, e riesce poi cosa pessima usarli nella parte esterna delle muraglie, e specialmente in quelle esposte alla mezza notte, avvegnachè in poco tempo si sfarinano, e cadono in polvere.

3.ª Si denominano *mezzanella* que' mattoni, che entro la fornace sono situati tra i ferrioli, e gli albassi. L' uso di questi è sempre buono in qualunque sito della fabbrica s' impieghino.

45. Non' ostante la fatta distinzione (§. 44) si dee osservare, che i mattoni della medesima denominazione non sono tutti cotti allo stesso segno: imperciocchè, siccome in queste fornaci i mat-

toni sono disposti a una grande altezza, che si fa fuoco solamente nella parte inferiore della fornace, che questa non ha veruna volta, la quale riverberi il fuoco d'alto in basso, e che i vani fra i mattoni, essendo troppo stretti, non lasciano passare liberamente la fiamma, così avviene, che il grado di cocitura sminuisce a misura, che i mattoni si trovano più lontani dal focolare; e però gli contigui al fuoco riescono molto ferrioli, lo sono meno i successivi, e ancor meno gli altri posti superiormente, i quali già si considerano per mezzanella molto cotta, o mezzanella forte; a questa succede la mezzanella sufficientemente cotta, gli altri mattoni immediati si hanno per mezzanella dolce, giacchè sono meno cotti, e già confinano coll'albasso, e finalmente s'arriva agli strati dell'albasso, in cui i mattoni d'infima qualità, perchè meno cotti di tutti gli altri, sono i più lontani dal focolare.

CAPO IV.

Dell' Arena.

46. Le materie vetrificabili formano la quarta ſpecie delle terre primitive (§. 3), e ſi ſuddividono in due claſſi, denominandoſi *ſemplici* e *pure* quelle della prima claſſe, e *compoſte* le altre della ſeconda claſſe.

Nella prima claſſe s' annoverano tutte le diverſe ſpecie *d'arena fina*, e *groſſolana*, *bianca*, o *diverſamente colorita*, *le pietre ſabbioſe*, *le pietre molle* d'aguzzare, i *ciotti*, o *ciottoli*, che s' impiegano per laſtricare le contrade, le *pietre focaie*, i *pirriti*, i *criſtalli* minerali d'ogni ſorta, *l'agata*, *il porfido*, e la maggior parte delle pietre prezioſe.

Fra le materie vetrificabili compoſte ſi contano poi le diverſe ſpecie *d' ardeſia*, *le pietre pomici*, e le pietre variamente miſte, nelle quali domina la materia vetrificabile.

47. Le ſeguenti proprietà ſervono a diſtinguere le materie vetrificabili pure dalle altre, che ſono di natura diverſa.

1.ª Le materie vetrificabili della prima classe non possono essere disciolte da verun acido.

2.ª Queste pietre, essendo esposte al fuoco, non diventano mai nè calcina, nè gesso, quantunque riescano frangibili a segno, che si possono facilmente ridurre in polvere.

3.ª Le materie vetrificabili cacciano scintille, se sono percosse coll' acciarino, la qual cosa non si dà nelle altre specie di pietre, salvo nell' argilla pura fortemente indurita al fuoco (§. 34).

4.ª Ciò, che più segnatamente distingue la materia vetrificabile pura dalle altre primitive, è, ch' essendo mescolata con una modica quantità d' alcali, e questo mescuglio, venendo esposto al fuoco, si cambia in un vetro molto trasparente.

48. Abbenchè le descritte proprietà siano comuni a tutte le materie vetrificabili della prima classe, esse però s'incontrano in grado diverso nei differenti corpi di questa specie, giacchè è necessario variare la proporzione nell' alcali per ottenere vetrificazioni simili.

Rispetto poi alle materie della seconda classe, queste non si vetrificano se non con una maggior quantità d'alcali, e, dopo d'essere state esposte a un fuoco molto più attivo, ciò non ostante il vetro, che se ne ricava, non riesce mai così trasparente, nè uniforme.

49. L'arena è uno de' materiali, di cui si fa grande uso nelle fabbriche, e si ricava dai fiumi, dai laghi, dalle paludi, dal mare, e da diverse cave. I suoi granelli variano nella grossezza, nella figura, e nel colore.

Ancorchè l'arena ricavata dai divisati siti sembri della medesima qualità, e egualmente propria per fabbricare, succede però sovente, che s'incontrano arene di natura affatto diversa: imperciocchè le une appartengono alla materia vetrificabile pura, altre alla composta, altre alla materia calcarea, o variamente mista, e altre arene finalmente si danno, i cui granelli non sono tutti della medesima natura; in somma si trovano fra questi sassolini le qualità diverse di materia, che osservansi nelle pietre più voluminose.

50. Dalla sperienza si ricava

1.° Che, qualora l' arena non appartiene alla prima classe delle materie vetrificabili, non fa legamento nelle muraglie, ancorchè sia mescolata con calcina d' ottima qualità.

2.° Che fra le arene appartenenti alla prima classe delle materie vetrificabili le une producono una grande adesione nella malta de' muratori, mentre altre ne producono una molto minore; la qual cosa fa vedere, che l' arena, la quale serve per fabbricare con sodezza, oltre la proprietà di essere vetrificabile un' altra intrinseca ne contiene, che la distingue dalle altre sabbie, che apparentemente sembrano della stessa qualità. Lo scoprire questa proprietà intrinseca s' appartiene alla Chimica, non essendo finora bastantemente assicurata l' asserzione di alcuni, i quali pensano, che l' adesione, la quale si produce nel mischiamento della calcina coll' arena, provenga da un acido vitriolico contenuto in questa.

3.° Che se in una medesima qualità d' arena si separeranno le parti più fine dalle mezzane, e queste dalle più

grossolane, e ciascheduna di queste sabbie si mescolerà in ugual proporzione colla stessa calcina, s' otterrà un legamento diverso nelle muraglie.

4.° Se l' arena di buona qualità si lascia esposta al sole estivo per tempo considerabile, diventa opaca, e bianchiccia, e scapita nella proprietà, che ha, di fare un buon legamento.

51. Si scorge adunque, che per fabbricare sodamente fa di mestiere

1.° Accertarsi per mezzo di sperienze se l' arena, che si vuole impiegare nella fabbrica, appartiene veramente alle materie vetrificabili pure, e se fra i granelli non se ne trovano di quelli, che sono di natura affatto diversa, come succede non di raro in quelle arene, le quali si estraggono da un fiume, che ha la sua origine nelle alpi vicine; imperciocchè una parte delle rupi esistenti su i gioghi di quelle montagne si stritola annualmente per causa del gran freddo, e questi stritolamenti, essendo poi strascinati al basso in occasione delle piogge dirotte, che succedono nella estate, acquistano una figura rassomigliante ai granelli dell' arena.

2.°

2.° Prima d' intraprendere una fabbrica d' importanza è pure necessario fare le convenienti sperienze per conoscere fra le arene formate colle materie vetrificabili quale sia quella, che più delle altre accresce l'adesione nelle muraglie, avendo anche in considerazione la grossezza de' granelli.

52. S'avrà poi l' avvertenza, che l'arena da impiegarsi nel fabbricare sia monda, e libera da qualunque materia terrosa, o grassa, di modo che, fregandola fra le mani, strida, e lasci le mani nette, e dimenandola entro un bicchiere d'acqua limpida, questa non rimanga intorbidata.

Allorchè l' arena è mescolata con granelli troppo minuti, o colla terra, se ne fa la separazione per mezzo della lavatura; ma per separare dall' arena le parti soverchiamente grosse, basta farla passare pel graticcio di filo di ferro.

CAPO V.

Della Pozzolana.

53. La pozzolana è una materia terrea, che si trova in grande abbondanza nelle vicinanze di Civitavecchia porto della Romagna, e nel territorio di Pozzuolo città antichissima nel regno di Napoli. La prima è di color bruno, o rosso oscuro, e la seconda è di color bigio, e sì l'una, che l'altra s'adopera in vece dell'arena per mescolarla colla calcina, e murare nei siti umidi, e nell' acqua medesima a cagione della grande adesione, che ivi acquista, e che costantemente conserva ne' paesi, che non sono esposti al gelo.

54. Il Commendatore De-Vincenti, essendo stato destinato nel 1749 per far costruire il porto di Limpia vicino a Nizza, fece varie sperienze per confrontare la bontà di ambedue le pozzolane (§.53), a fine di riconoscere quella di esse, che produceva maggiore adesione, e legamento fra le pietre. In queste sperienze è risultato, che la pozzolana bruna è di un uso assai migliore; avvegnachè s'in-

durifce fortemente in ventiquattro ore, in vece che la bigia non acquifta tutto il legamento, di cui è capace, fe non dopo quindici giorni in circa, e la durezza fua riefce minore di quella della pozzolana di Civitavecchia.

55. Dall' efame chimico fatto della pozzolana ofcura rifulta, ch'ella è una terra affatto diverfa dalle quattro primitive (§. 3), e perfettamente neutra, giacchè mefcolata cogli acidi, e cogli alcali non produce il minimo movimento.

Le fue particelle offervate col microfcopio fi vedono penetrate da molti vani, e raffomiglianti alle pietre pomici.

56. Per fervirfi della pozzolana nelle fabbriche convien prima fchiacciare le parti groffolane, che in effa vi fono, e indi impaftarla colla calcina bagnata nella fteffa maniera, che s'impafta coll'arena.

Allorchè quefto mefcuglio s'adopera in fiti acquofi, o molto umidi, l'adefione, che acquifta, fupera di gran lunga quella prodotta dall' impafto fatto coll' arena, e colla calcina forte, e fupera eziandio l'adefione delle pietre dure.

Si fa pure ufo della pozzolana per formare l' intonico delle cifterne, e di

altri recipienti destinati per contenere acqua, o altri liquori, giacchè quest' intonico fa la stessa funzione della vernice vetrificata nelle pentole, cioè a dire impedisce, che il liquore non trapeli nelle muraglie, che formano il recipiente.

57. S' adopera pure la pozzolana nelle muraglie, che non sono in siti umidi, e specialmente nell' intonacare esternamente le volte de' magazzini, de' quartieri, e di altri alloggi destinati per l' uso di guerra, o civili, come sono i terrazzi, che si fanno nella sommità di molte case in parecchi siti del litorale del Mediterraneo. In questo caso il pastone per murare si tramischia anche coll' arena per sminuire le fessure, che si producono nel seccarsi la pozzolana; ed è in oltre necessario per diminuire il numero, e la grandezza di queste fessure, che in tempo del lavoro si ripari il sito dai raggi solari, e che si lasci il riparo, finchè la muraglia sia secca a dovere.

58. Se la pozzolana s' adopererà nei siti esposti al gelo, si sfarinerà nell' inverno, e più non servirà all' uso, cui era destinata la fabbrica, quantunque questa sia stata costrutta nell' estate, ed al-

bia avuto tempo di ſeccare al maggior ſegno.

Da ciò ſi ſcorge, che nel Piemonte, e nella Lombardia ſi dee adoperare la pozzolana ſolamente in que' ſiti, che in qualche modo ſi poſſono riparare dal gelo.

59. Oltre la pozzolana altre materie ſi danno ſotto nome generico di *terre per fare il maſtice*, le quali ſi trovano in diverſe regioni dell' Europa, e ſpecialmente in Fiandra, ed in Olanda.

Allorchè queſte materie ſono meſcolate colla calcina eſtinta in vece dell' arena, producono effetti analoghi a quelli della pozzolana. Noi tralaſceremo di ragionare di queſte materie, giacchè poſſiamo avere la pozzolana a miglior mercato, e che l'uſo di queſta è anche preferibile a quello delle diviſate terre, e baſterà quì aggiugnere, che tutte le materie fin ora cognite per fare il maſtice nelle fabbriche ſi feſſurano nell' indurirſi, allorchè ſono adoperate in ſiti fuori dell' umido.

PARTE SECONDA

Indirizzi, ed avvertenze per costruire le muraglie con sodezza.

60. Ricavasi costantemente dall' osservazione, e dalla sperienza, che la qualità de' materiali, e il modo, con cui sono combinati, e messi in opera, producono una gran varietà nel legamento delle muraglie.

L' osservazione, che più delle altre dimostra evidentemente la necessità di badare a queste cose, è quella, in cui, confrontando certe fabbriche antichissime colle moderne, si vede, che le prime sono tutt' ora illese, e belle, come se fossero costrutte di fresco, mentre altre fabbriche molto recenti sono già scrostate, e in diverse guise corrose. Frà i molti riscontri, che di un somigliante fenomeno addurre si possono, è concludentissimo il gran divario, che s' osserva in Torino fra le antiche torri volgarmente dette di Ovidio esistenti vicino alla Porta Palazzo, e le case nel corrente secolo costrutte in vicinanza d' esse torri.

Allorchè si tratta di demolire, o di perforare muraglie, si ha campo di sperimentare una gran diversità nella loro resistenza: imperciocchè alcune di esse, atteso il cattivo legamento della calcina, o la pessima qualità de' mattoni, o perchè sono state costrutte senza perizia, si disfanno facilmente, mentre altre muraglie della medesima spessezza oppongono una gran resistenza; onde esigesi gran fatica, e molto tempo per disgiugnerne le parti.

61. E' necessario adunque, prima di cominciare una qualche fabbrica di considerazione, praticare le seguenti massime, affinchè l'edificio sia costrutto a dovere, e con una giudiciosa economia (§. 1).

1.ª Si esaminerà diligentemente colle sperienze la qualità de' materiali, e dopo che se ne saranno scelti i migliori, si faranno altre sperienze per riconoscere quale sia la combinazione più vantaggiosa, che di questi fare convenga.

2.ª Il risultamento di queste sperienze si confronterà con tutte quelle notizie, che si potranno ricavare dagli abitanti, ed artieri del paese, in cui si

vuole fabbricare, e si osserveranno pure le fabbriche costrutte di fresco, e le antiche, che si troveranno in quelle vicinanze: mediante tali notizie si accerteranno le provvidenze da darsi.

3.° Si distenderanno in iscritto le instruzioni circa le maniere di preparare, e mettere in opera i materiali, e si farà una giudiciosa scelta dei Periti volgarmente detti *Soprastanti*, che dovranno invigilare sull' esecuzione d'ogni cosa.

Le seguenti notizie unite a quelle, che già sono state date nella prima parte, serviranno per mettere in pratica queste massime coi dovuti riguardi, e per conoscerne maggiormente l'importanza.

CAPO PRIMO.

Del Calcestruzzo, o sia della Malta de' Muratori.

62. Generalmente parlando si denomina *calcestruzzo*, o *malta de' muratori* un composto di calcina, d'acqua, e di altre materie, le quali tutte insieme ben mescolate producono un legamento forte nell'indurirsi, e si assodano talmente,

che più non si possono disciorre nell'acqua. Questa proprietà esser dee il distintivo essenziale de' calcestruzzi, che descriveremo in questo capo per essere adoperati nelle fabbriche.

63. Il calcestruzzo, di cui si fa un grande uso nelle fortificazioni, ha per base la calcina preventivamente estinta coll' acqua (§. 13). Per formarlo si discioglie la calcina bagnata coll' aggiunta di altr' acqua; e si mescola indi coll' arena. La proporzione più usitata suol essere tale, che l'arena sia tra il doppio, e il triplo della calcina, accostandosi all' una, o all' altra di queste dosi, secondo che la calcina è più, o meno pastosa, o, come suol dirsi dai pratici, *grassa*.

La quantità dell' acqua, che s' impiega nel fare il calcestruzzo, dipende dalla qualità della muraglia, che si dee fare: imperciocchè, se le pietre, che debbono impiegarsi per la costruzione della medesima, saranno naturali, basterà, che il calcestruzzo sia come una pasta molle; ma, se il muro dovrà essere formato con mattoni, il calcestruzzo dovrà essere assai più molle, e quasi liquido;

e si farà passare per un graticcio di filo di ferro, a fine di separare le ghiaie, che si trovano nell' arena. Questa stessa operazione si farà pure nel calcestruzzo, che s' adopererà per costruire le volte, ma dovrà il medesimo essere meno molle di quello, che s' impiega nelle muraglie de' mattoni.

64. Per fare il calcestruzzo a dovere si estrae dalla fossa una quantità di calcina bagnata, e dopo d' averla messa nel sito destinato, si rimescola ben bene senza aggiugnervi acqua, finchè a forza di rimescolarla diventa assai più molle (operazione, che contribuisce poi considerabilmente ad accrescere la tenacità del muro), indi si getta sopra poca acqua, e si rimescola di nuovo, si aggiugne altra tenue quantità d' acqua, e si rimescola come prima, la qual cosa si ripete ancora altre volte, finchè s' osservano ben disciolte tutte le parti della calcina, e allora si mescola poi con quella quantità d' arena, che da previj sperimenti sarà stata riconosciuta più conveniente, e si procura con instrumenti fatti a posta di confondere le materie, finchè si vedano esattamente tramischiate;

la qual cosa è necessario si faccia a dovere, poichè dal perfetto mischiamento della calcina coll' arena dipende la durezza, ed il legamento, che acquistar dee il calcestruzzo, dopo che è stato messo in opera.

65. La descritta manipolazione dicesi dagli operai *fare calcina*, i quali sogliono denominare il calcestruzzo col solo vocabolo di *calcina*, e serve questa per costruire muraglie in qualsivoglia sito interrato, e fuori di terra, secco, e umido, purchè l' umidità non sia tale, che possa disciorla, mentre è ancora fresca.

Nell' uso, che si fa del calcestruzzo, importa sommamente avvertire, che non vi si tramischi giammai terra nè grossolana, nè fina, poichè questa impedisce la scambievole unione fra le parti del calcestruzzo; onde le pietre costituenti il muro rimangano anch' esse slegate.

66. Allorchè si dee fabbricare in sito talmente umido, che l' acqua vi si può raunare in forma di liquore prima che il calcestruzzo siasi indurito, fa di mestiere in simil caso adoperare calcina viva della più forte, che si possa avere, la quale si bagna solamente, quando se

ne vuole far uso, e presto si mescola colla quantità d'arena necessaria in tempo dell'effervescenza, e si mette immantinente in opera il mescuglio col costruire la muraglia, la quale in brevissimo tempo acquista una gran durezza.

67. Se poi nel sito, in cui si dee fabbricare, s'incontrerà attualmente l'acqua, e questa si potrà levare, e tener lontana, finchè il calcestruzzo siasi indurito, in simil riscontro converrà asciugare questo sito, e indi costruire la muraglia con tutti i riguardi dell'arte, affinchè riesca ben collegata, usando il calcestruzzo descritto (§. 66), il quale, secondo che è già stato detto (§. 17), si dovrà sempre adoperare in tutti i siti umidi, ed acquosi.

68. Se poi il sito non potrà asciugarsi, converrà osservare, se l'acqua è stagnante, o come stagnante. In ambedue questi casi si formerà un calcestruzzo colla calcina forte, che già sarà stata preventivamente bagnata (§. 20), e questa si mescolerà con una conveniente quantità di pozzolana, indi s'adopererà questo mescuglio nel fabbricare la muraglia.

Occorrendo, che si scarseggi di pozzolana, si farà il calcestruzzo col bagnare la calcina viva, che in tempo dell' effervescenza si mescolerà con uguali porzioni d' arena, e di pozzolana, e si metterà tosto il mescuglio in opera.

69. Finalmente se l' acqua sarà corrente, o che altrimenti sia in un moto continuo, e che non si possa asciugare il sito; converrà prima d' ogni cosa cercare di sminuirne il movimento al maggior segno possibile, usando per ciò que' ripieghi, che sul posto si riconosceranno i più propri; indi si farà il calcestruzzo colla calcina viva, e, mentre si produce l' effervescenza, si mescolerà colla conveniente dose di pozzolana, e si costruirà tosto la muraglia, frammettendo le pietre in quel miglior modo, che sarà fattevole.

70. Per fare l' intonico delle cisterne, o di altri recipienti, che debbono contenere acqua, o altri liquori, si forma il calcestruzzo, mescolando la pozzolana colla calcina già estinta coll' acqua (§. 68).

Prima di fare l' intonico nel recipiente, che esiste nel bastione di Sant' Ottavio, si fecero trentadue mescugli di-

versi, i quali furono esposti al gelo dell' inverno. In queste sperienze è risultato

1.° Che il migliore di tutti è quello formato con calcina forte preventivamente bagnata, colla pozzolana oscura di Civitavecchia, e con un poco di tartaro, o sia gromma di botte pesta.

2.° Che il semplice mescuglio di pozzolana e calcina forte già estinta coll' acqua è preferibile a quegli altri, ne' quali si mette una porzione di qualche materia già vetrificata, come sono le scorie del rame, del piombo, e del ferro volgarmente dette *macciaferro*.

3.° Che il mescuglio di calcina forte, pozzolana, ed arena resiste maggiormente al gelo, ma lascia trapelare l'umido; onde non serve per l' intonico de' recipienti, ma si può impiegare utilmente nell'intonacare l' esterno de' coperti massicci fatti in pendenza ne' quartieri, e magazzini, purchè s' abbia l' avvertenza di sovrapporvi poi un qualche coperto di tegole, o d' ardesie, o d' altre pietre di lavagna, il quale impedisca l' azione immediata dell' intemperie nell' intonico.

4.° Il mescuglio, che contiene limatura di ferro, si dee assolutamente ri-

gettare da qualsivoglia intonico, o mastice, poichè l'acqua, producendo la rugine in questo ferro, lo riduce in polvere, e terra; onde molte parti del calcestruzzo si disgiungono, e cadono in polvere, e in breve tempo l'intonico si scrosta.

71. Un'altra specie di calcestruzzo s'adopera in Piemonte per formare certi compartimenti interni nelle camere, e per fare le volte di canne, e di listelli. Si piglia il calcestruzzo (§. 64), e si mescola con una quantità di gesso cotto e d'acqua, indi si mette tosto in opera. Questo mescuglio s'indurisce, e secca più presto a misura, che il gesso è in maggior proporzione.

Qualora si ha gesso in abbondanza, si adopera puro mescolato coll'acqua; e nei paesi meridionali non soggetti al gelo, come sono alcune provinde della Spagna, si adopera il gesso puro anche nella costruzione delle muraglie esterne delle case.

72. L'acqua, con cui si bagna la calcina, e che serve pure per impastare qualsivoglia calcestruzzo, e per gli altri usi nel fabbricare, dee essere pura, e

limpida, poichè le materie terree sono sempre contrarie all' adesione, che acquistar debbono le muraglie nel seccarsi (§. 65).

Generalmente parlando non si dee far uso d' acque minerali, e specialmente di quelle, che sono impregnate di qualche sale, avvegnachè il calcestruzzo scapita assai nell' adesione, e coll'andare del tempo si manifesta nella superficie del muro una efflorescenza salina, per cui il calcestruzzo si sfarina, si scrosta, e cade in polvere; ma perchè si danno alcune specie d' acque minerali, che non alterano la tenacità del calcestruzzo, così occorrendo, che s' abbia a fabbricare in qualche sito, ove le acque minerali abbondano, converrà fare anticipatamente le opportune sperienze per regolarsi a norma delle massime stabilite (§. 61).

L' acqua, che contiene sapone, o altre materie grasse, sminuisce pure l'adesione fra le parti del calcestruzzo, e soprattutto impedisce, che questo s'attacchi alle pietre, con cui si costruisce il muro.

CAPO

CAPO II.

Delle Pietre, che s' adoperano nelle fabbriche militari.

73. Le muraglie sono, come è notissimo, un costrutto di calcestruzzo, e di pietre, il qual costrutto nelle fabbriche militari dee essere molto sodo, tenace, e duro, affinchè possa resistere lungamente alle forze, che tendono a distruggerlo.

Per ottenere queste condizioni non basta, che il calcestruzzo sia d' ottima qualità, ma è necessario ancora, che le pietre abbiano le seguenti proprietà.

1.ª Che siano atte a resistere alle ingiurie delle stagioni in modo, che non si discompongano, nè si fessurino coll' andare del tempo.

2.ª Che siano molto dure, ma non elastiche: imperciocchè, come dimostrato abbiamo nelle Instituzioni Fisico-meccaniche (§. 365), la durezza rende il muro meno penetrabile ai proietti dalle Artiglierie, e dal non essere elastica la muraglia avviene, che lo scuotimento, per cui si fanno in essa fessure, e

si scollegano le sue pietre, è solamente la metà di quello, che è comunicato al muro elastico. Per distinguere la durezza, e l'elasticità nelle pietre convien percuoterle col martello.

3.ª Che le pietre abbiano un'affinità col calcestruzzo di modo, che questo vi si unisca strettamente, come avviene nelle pietre calcaree, ed in molte altre, che sono miste di loro natura. Se la superficie di queste pietre sarà aspra, e scabrosa, il legamento, che ne risulterà, sarà ancora più forte.

74. Se le pietre, che s'incontreranno nel sito, in cui si dee fabbricare, non avranno tutte le divisate proprietà (§.73), quelle si dovranno preferire, che più delle altre serviranno a formare un muro sodo, tenace, e duro.

75. Si dovranno poi sempre escludere le pietre gessose, le argillose naturali, le talcose, e tutte quelle altre, che sono di una specie molle.

Le pietre saponacee, quantunque dure, saranno pure escluse dalle fabbriche militari; avvegnachè, non potendo il calcestruzzo contrarre unione con esse, forma nell'indurirsi un incastro stac-

cato tutto d' intorno dalla pietra.

Si debbono pure escludere tutte quelle pietre, che esposte alle ingiurie delle stagioni si alterano notabilmente in pochi anni, come avviene in certe cave, ove le pietre estratte di fresco sembrano molto resistenti e dure, e dopo che sono esposte all'inclemenza dell'aria si fessurano, si scrostano, e si sfarinano.

76. La figura delle pietre contribuisce anche considerabilmente a rendere il muro sodo. Veduto abbiamo nella Statica, che un corpo è saldissimo, ogni-voltachè, nel farlo rotolare, il suo centro di gravità ascende notabilmente, e succede il contrario, allorchè il detto centro ascende poco, o nulla.

Si scorge adunque la causa, per cui le pietre di figura parallelepipeda posate sulla base maggiore rendono il muro saldo, e come avvenga, che la figura approssimante alla sferica sia la più disconveniente nelle pietre per le fabbriche, e specialmente, quando sono collocate in modo, che il loro centro di gravità non passa per la base, poichè in questo caso gravitano lateralmente contro le altre materie, e tendono a far

rigonfiare il muro efternamente.

77. A fine di rendere più fode le fabbriche militari, fe ne formano gli angoli con pietre da taglio regolarmente configurate, e per folo motivo economico fi tralafcia di aggiuftare fimilmente le altre pietre, che s' impiegano nelle altre parti del muro, ma fi procura di ufare quelle, che fono molto piatte, e fi appianano da una fola banda quelle altre, che formano l' efterno del muro, e che fi diftinguono col nome di *pietre di facciata* volgarmente dette *pietre di paramento*.

Per fminuire poi anche nella facciata le commeffure fra quefte pietre, fi levano le grandi irregolarità, che s' incontrano nei loro laterali.

78. La groffezza delle pietre ferve anche a rendere più faldo il muro; motivo, per cui le più groffe fi preferifcono alle altre, che fono di minor mole, contandofi fra le più voluminofe quelle, che pefano rubbi 120, che dai pratici fi denominano *pietre di due carrate*, e fi confiderano per pietre di ordinaria groffezza quelle, che pefano rubbi 60, cioè che fono di una carrata, fervendo poi

le più picciole per empiere i vani, che s' incontrano fra le pietre groſſe, e per aſſodare maggiormente queſte nel loro ſito.

79. Prima d' impiegare le pietre di cava nella coſtruzione di una muraglia ſi debbono laſciar diſteſe ſul ſuolo almeno per un anno, affinchè provino gli effetti del gelo, e depongano in oltre un' acqua accidentale, che ſogliono contenere, allorchè ſono eſtratte di freſco dalla cava; dovendoſi rifiutare quelle, che dopo il diviſato tempo ſi ſaranno ſpezzate, o feſſurate. In oltre ſi eſaminerà, ſe ſono granite ugualmente, ben compatte, e ſenza vene, e ſi percuoteranno anche col martello, conſiderandoſi per maſſicce e ſane quelle, che produrranno un ſuono netto, ma ſi rifiuteranno come difettoſe quelle altre, che ſaranno mute, o ſomminiſtreranno un ſuono ſordo, e confuſo.

80. Da due cauſe ſi riconoſce derivare lo ſpezzamento delle pietre eſpoſte a un forte gelo. Conſiſte la prima nell' irrigidirſi le particelle più eſpoſte al freddo, le quali, venendo con ciò a mutar figura, e poſizione, ſi ſeparano dalle altre.

La ſeconda cauſa s' attribuiſce all' acqua, che talora incontraſi entro le pietre, la quale, come veduto abbiamo nelle Inſtituzioni Fiſico-meccaniche, acquiſta un maggior volume nel congelarſi, e fa uno sforzo grandiſſimo contro le pareti del vano, entro cui trovaſi imprigionata; onde, ſe l' adeſione della pietra non ſupera queſto sforzo, la pietra ſi ſpezza, e ſi feſſura.

Le alterazioni, che s' oſſervano nelle muraglie eſpoſte alla mezza notte, e lo ſcroſtarſi che fanno gli arricciati del muro coſtrutti nel meſe di ottobre nella detta eſpoſizione dipendono pure da queſta proprietà dell' acqua.

81. In mancanza delle pietre naturali di buona qualità s' adoperano i mattoni, mettendoſi i ferrioli nelle fondamenta, e la mezzanella nelle muraglie fuori di terra (§. 44). Qualora queſte fabbriche ſono coſtrutte colle debite avvertenze rieſcono ben collegate, e tenaci, avvegnachè il calceſtruzzo ſi uniſce fortemente ai mattoni col penetrarli per la ſpeſſezza di uno in due punti.

82. L' abbondanza de' ciotti, e di altre ſomiglianti pietre, che ritrovanſi in

certe regioni, è motivo, che talora se ne fa uso nelle fabbriche di guerra. In simil riscontro fa di mestiere usare tutti i ripieghi per ben collegare le muraglie. A tal fine gli angoli della fabbrica si formano con pietre da taglio molto piatte, e posate sulla maggior base, o almeno con mattoni, e il rimanente delle muraglie si lavora a strati formati vicendevolmente colle dette pietre, e con mattoni, i quali formano altrettante fasce, volgarmente denominate *corree*, le quali somministrano una base piana a ciaschedun strato fatto coi ciotti.

Queste muraglie si chiamano comunemente *bigie*, o *miste*, e riescono diversamente resistenti secondochè varia la qualità del calcestruzzo: imperciocchè, se questo nell'indurirsi acquisterà tenacità maggiore di quella de' mattoni mezzanella, il muro riuscirà più duro di quello formato coi mattoni, ma se la tenacità del calcestruzzo indurito sarà minore, la muraglia riuscirà di qualità molto inferiore, stantechè le pietre si disuniranno facilmente nell'urto delle palle da cannone, ed attesa la loro figura svantaggiosa il muro dirocchera dopo pochi spari.

CAPO III.

Della maniera di fondare i muri ne' ſuoli di differente natura.

83. Per quanta cura ſi ponga nello ſcegliere i materiali, e nel combinarli a dovere, *non potrà giammai la fabbrica ſuſſiſtere, ſe non ſarà aſſiſa immobilmente ſulle ſue fondamenta.* Quindi è, che la principal cura dell'Architetto, prima di fare un qualche muro, conſiſte nell'eſaminare attentamente il ſuolo, ſu cui dee fabbricare, a fine d'aſſicurarſi ſe ſia ſodo, e ſtabile; ed ove inſtabile lo riconoſca, conſidera quale ſia la maniera più ſicura, ed economica per fondare l'opera ſua ſopra una baſe ferma.

84. Allorchè la ſola ocular inſpezione non baſta per accertarſi della ſaldezza, e reſiſtenza del ſuolo, convien fare diverſi ſaggi collo ſcavare nel terreno pozzi a differenti diſtanze, e profondità, conſiderando nel tempo di queſto lavoro la qualità delle materie, che s'incontrano a miſura, che ſi profondano i pozzi, e occorrendo, che s'arrivi all'acqua prima d'imbatterſi nel ſodo, s'adopera

la tenta, o sia il succhio de' Minatori, o pure si piantano lunghe palizzate, e dalla diversa resistenza, che incontrasi nel figerle, si discerne la saldezza, e l'incostanza del terreno.

85. A sei casi principali ridurre si possono tutti i siti di diversa natura, nei quali occorre dover fabbricare.

1.° Quando il suolo è saldo, e fermo, per quanto sia aggravato dal peso di una fabbrica.

2.° Quando si dee scavare il terreno a profondità considerabile per incontrare la necessaria saldezza.

3.° Quando il terreno è soggetto a comprimersi qualche poco, e che collo scavare a maggior profondità non si migliora condizione.

4.° Allorchè il suolo è improprio per fabbricarvi sopra, e che nello scavare per arrivare al pancone s' incontra l' acqua, la quale non permette di profondarsi maggiormente.

5.° Allorchè s' incontra il pancone poche once sotto il pelo dell'acqua.

6.° Allorchè si dee fabbricare sott' acqua in una profondità considerabile.

86. Le principali regole da praticarsi, allorchè si dee fondare un muro sopra un suolo fermo, e incompressibile (§. 85 n. 1.) sono le seguenti.

1.ª Se si fabbricherà sopra la roccia, o altre materie non soggette a comprimersi, si scaverà una fossa profonda once 6 in 12 per costruirvi le fondamenta; ma, se la materia non sarà delle più dure, quantunque salda, la profondità della fossa sarà almeno d'once 24.

2.ª Il fondo di questa fossa si farà molto scabroso, affinchè si colleghi maggiormente colle fondamenta, che vi si costruiranno.

3.ª Se il suolo, in cui si fabbrica, sarà un terreno saldo, la profondità della fossa dovrà essere almeno di tre piedi, e si farà maggiore, finchè s'arrivi al pancone, se il terreno saldo sarà sotto la superficie del suolo

4.ª Il fondo delle fossa suddette dovrà essere un piano orizzontale continuato secondo la lunghezza del muro, se il suolo, in cui si dee fabbricare, sarà pure orizzontale; ma esso fondo si farà a gradini, ciascun de' quali sarà pure orizzontale secondo la lunghezza del muro,

se questo dovrà costruirsi lungo un piano inclinato.

5.ª Se si avrà a fabbricare sopra una roccia isolata, s' avvertirà di non fare le fondamenta vicino all' orlo de' precipizi, e delle pendenze ripide, quantunque la roccia sia molto dura, stantechè da somiglianti siti si staccano talora pezzi di gran mole, e specialmente ne' paesi soggetti al gelo, e al lungo soggiorno delle nevi.

6.ª Se qualche muraglia dovrà passare sopra scogli isolati da una, o da più bande, si procurerà, che le fondamenta attraversino, quanto sia possibile, le vene, che sogliono avere la maggior parte delle pietre.

7.ª Occorrendo (cosa, che avviene talora ne' siti montuosi) che s' incontri una qualche sorgente, la quale passi nelle fondamenta, si procurerà di dare un corso libero all' acqua per mezzo di un canale, che si praticherà lontano dalle fondamenta, nelle quali converrà fare un arco, se il canale non potrà a meno di attraversarle.

87. Se sarà necessario interrarsi considerabilmente per incontrare il pancone

(§. 85 n. 2), ſi potrà ciò fare con una giudizioſa economia. A tal fine ſi ſcaveranno pozzi diſtanti gli uni dagli altri piedi 5 in 10, ſecondochè ſaranno più, o meno peſanti le materie, che queſti avranno a ſoſtenere. Il diametro di tali pozzi ſarà almeno la metà di più della ſpeſſezza, che ſi darà alle fondamenta, e ſi empieranno con una muraglia ſodamente coſtrutta col calceſtruzzo (§.64), finchè s'arrivi a certa diſtanza dal ſuolo, in cui ſi uniranno tutti i pozzi col mezzo di archi ſemicircolari, la cui *ſerraglia* terminerà piedi due in tre ſotto il ſuolo.

88. S'incontra talora certa qualità di terreno, il quale, eſſendo aggravato da una qualche fabbrica, cede, e ſi comprime fino a un certo ſegno ſolamente, dopo il quale diventa ſaldo, e proprio per reggere un peſo conſiderabile, e queſta proprietà oſſervaſi coſtante, ancorchè ſi ſcavi il terreno a maggior profondità (§. 85 n. 3).

In ſomigliante riſcontro biſogna fare qualche congruo ſperimento per determinare fino a qual ſegno il terreno cede, e applicare indi queſto riſultamen-

to alla formola $\frac{P}{S}$ data (§. 67) Inſtituzioni Fiſico-meccaniche, a fine di determinare il valore di S coll' accreſcere la larghezza delle fondamenta. In oltre ſi procurerà di riſcontrare queſti riſultamenti, e queſte determinazioni coll' oſſervare le fabbriche eſiſtenti in quelle vicinanze (§. 61).

Determinata in tal guiſa la larghezza delle fondamenta, e volendo aſſicurare maggiormente la ſaldezza della fabbrica, ſe ne coſtruiranno le fondamenta in una delle due ſeguenti maniere, il cui uſo è confermato da molte ſperienze pel caſo, di cui trattaſi.

89. Per praticare una di queſte maniere ſi ſcava la foſſa per le fondamenta in modo, che la profondità non ſia minore della larghezza. Ciò fatto, vi ſi collocano lunghe travi di diametro once 5 in 8 fra eſſe parallele, e diſtanti once 10 in 20, ſecondochè il ſuolo ſarà ſoggetto a cedere più, o meno, e conforme a che ſarà la qualità del calceſtruzzo. Traſverſalmente alle travi longitudinali ſe ne collocano altre in forma di graticola, che alle prime fortemente

s'inchiodano, e quando il calceſtruzzo non è atto ad acquiſtare quell' adeſione, che ci aſſicura dell' eſito, ſi collocano anche tavole ſotto le prime travi, di modo che il ſuolo della foſſa trovaſi con eſſe tutto ricoperto.

Diſpoſte in tal guiſa le coſe, col calceſtruzzo (§.64), e colle pietre della miglior qualità ſi mura nei buchi della graticola, ed a miſura, che queſto lavoro ſopravanza le travi, ſi uniſcono inſieme tutti queſti maſſicci con una muraglia continuata, e ſi ha l'avvertenza nell'alzare la fabbrica di lavorare tutto d'intorno allo ſteſſo livello, affinchè le fondamenta ſiano ſempre ugualmente aggravate in tutta la loro eſtenſione.

90. Conſiſte la ſeconda maniera (§.88) nel fare le fondamenta con una ſpecie di maſſiccio formato col calceſtruzzo (§. 64), e con picciole pietre di buona qualità non più groſſe di due once ciaſcheduna.

Dopo d'aver ſcavata la foſſa per le fondamenta, ſi preparano diverſi paſtoni di calceſtruzzo molle, e ſenza farlo paſſare pel graticcio ſi meſcola con una quantità tale delle dette pietruzze, che

ſi formi un miſto un poco conſiſtente. Nello ſteſſo tempo s' attraverſa la foſſa con tavole, e ſi forma un recipiente di quella lunghezza, che ſi prevede poterſi empiere in quel giorno, indi da molti lavoranti ſi mette ſollecitamente il miſchiamento ſuddetto nel preparato recipiente, finchè s' arriva a fior di terra, e in ſeguito con peſtoni di legno ſi batte la materia per condenſarla.

Nella ſteſſa maniera ſi dee proſeguire l' operazione nei giorni ſucceſſivi, finchè ſiaſi empiuta tutta la foſſa; avvertendo di ben unire le eſtremità del maſſiccio fatto il giorno antecedente con quello, che ſi ſtà facendo.

I priſmi di baſe triangolari, de' quali ſi fa un grande uſo nel coſtruire certi ripari entro i fiumi, ſi fanno coi diviſati materiali poſti entro una foſſa ſcavata nel terreno, ove ſi laſciano ſepolti almeno per due anni, e coperti con un piede circa di terra, affinchè s' induriſcano, ed acquiſtino una grande adeſione.

91. Allorchè il ſuolo è molto compreſſibile, o altrimenti improprio per fabbricarvi ſopra, e che, ſcavando il terreno per arrivar al pancone, s' incontra

l' acqua, che non permette di profondarsi maggiormente (§. 85 n. 4), fa di mestiere piantare nel fondo di questa fossa una quantità di palizzate, volgarmente dette *pilotti*, le quali esser debbono di rovere, stantechè questo legno si conserva per molti anni, allorchè stà immerso nell' acqua. Queste palizzate si piantano in diverse linee fra esse distanti once 6 in 24, secondochè sarà la qualità del terreno, ed il peso, che avranno a sostenere le fondamenta.

La lunghezza di queste palificate si determina col farne piantare alcune nei diversi siti, in cui si dee fondare, e col figerle a segno tale, che, rifiutando il montone, sopravanzino almeno un piede sopra il pelo dell' acqua. Determinata in tal guisa la lunghezza de' pali, se ne fissa il diametro, il quale nell'estremità più grossa sarà $\frac{1}{15}$ circa della lunghezza, allorchè questa non eccederà otto piedi, e si declinerà alquanto da questa misura, se la lunghezza sarà maggiore di otto piedi. L'estremità più sottile del palo si farà acuta, e si armerà eziandio con una punta di ferro, se si cono-

conoſcerà, che poſſa ſpuntarſi, e feſſurarſi prima d' arrivare al ſito deſtinato. Finalmente s' avrà l' avvertenza di proporzionare il peſo del montone alla reſiſtenza, che i pali incontreranno nel figerſi nel terreno, affinchè non ſi ſchiaccino, o ſi feſſurino nella teſta (Inſtituzioni Fiſico-meccaniche).

Dopo d' aver piantate tutte le pàlizzate, ſi vincoleranno con lunghe travette di groſſezza once 2 in 4 fortemente inchiodate a ciaſcun palo, e con altre travette di ſimile groſſezza s' inchioderanno pure traſverſalmente in modo, che ſi formi una graticola, entro i cui buchi ſi coſtruiranno poi le fondamenta nel modo deſcritto (§. 89).

92. Se il pancone s' incontrerà alcune once ſotto il pelo dell' acqua (§. 85 n. 5), il modo di fondare in ſimil riſcontro ſarà diverſo, ſecondochè ſarà diverſa la profondità dell' acqua, o che varieranno altre circoſtanze, che quì ridurremo a quattro caſi.

1.° Se la profondità dell' acqua ſarà così poca, che, collocando nel fondo della foſſa pietre di rubbi 3 in 15, ſorgeranno fuori dell' acqua, baſterà con

queste formare uno strato, su cui si costruiranno le fondamenta col calcestruzzo (§. 64).

2.° Se la profondità dell'acqua sarà tale, che le divisate pietre vi si troveranno sommerse, si procurerà di asciugare la fossa, ed ove ciò non possa farsi tutto in un colpo, si praticheranno diverse chiusure trasversali, e a misura che se ne voterà una, vi si costruiranno le fondamenta nel modo descritto (§. 66), e questo lavoro si proseguirà sollecitamente, finchè sia più alto del pelo dell' acqua, indi si ripeterà l'operazione nella chiusura contigua, e si procurerà, che le estremità di queste fondamenta si uniscano fra esse a dovere.

3.° Se nella divisata maggior profondità non sarà fattevole d'asciugare la fossa per causa delle molte sorgenti, o perchè l'acqua feltra considerabilmente nel terreno, in simil caso si faranno le chiusure come prima, a fine di ritenere i materiali nel loro sito, e per rendere l'acqua come stagnante; dopo del che si faranno le fondamenta entro una chiusura col calcestruzzo (§. 68), e si farà lo stesso nelle altre successive chiusure,

e si procurerà di collegare insieme, meglio che sarà possibile, queste porzioni di fondamenta.

4.° Finalmente se l'acqua non si potrà rendere come stagnante, dopo che si saranno fatte le divisate chiusure, converrà fabbricarvi dentro la muraglia col calcestruzzo descritto (§.69), procurando di assettare le pietre nel miglior modo, che si potrà.

93. Gl'indirizzi dati nell'antecedente paragrafo servono anche pel caso, in cui, dopo d'aver piantate le palizzate nel fondo della fossa, e d'averle vincolate nel modo descritto (§. 91); si dovessero poi costruire le fondamenta alcune once sotto il pelo dell'acqua.

In qualsivoglia delle divisate maniere si fabbrichino le fondamenta, si dovranno sempre empiere con terra fortemente compressa tutti i vani, che s'incontreranno tra le pareti della fossa, ed il muro in questa costrutto.

94. Finalmente se si dovrà fabbricare sott'acqua in una profondità considerabile (§. 85 n. 6), si procurerà, finchè si può, d'estrarre l'acqua dal sito, in cui si vuole murare.

Ognivoltachè si hanno a fondare pilastri entro un fiume, o protendere opere di fortificazione entro un lago, tutto d' intorno al sito, in cui si dee fabbricare, si forma uno steccato capace a contenere l'acqua, usando perciò que' ripieghi particolari, che sul posto si riconosceranno più propri; dopo del che si estrarrà l'acqua dallo steccato, e con tutta la sollecitudine si costruirà la muraglia, finchè sia più alta del pelo dell'acqua.

Occorrendo poi, che il divisato ripiego non possa aver luogo, sarà di mestiere costruire diverse casse di legno ben calafatate, e ungere le commessure delle tavole con pece liquefatta. L'interna larghezza di queste casse uguaglierà quella, che aver debbono le fondamenta, e saranno alte a segno di sopravanzare il pelo dell'acqua, fissandosene la lunghezza secondochè il lavoro riuscirà più comodo. Costrutte le casse, si collocheranno le une contigue alle altre a seconda della lunghezza del muro, dopo del che si murerà entro le medesime col calcestruzzo (§. 66), finchè s'arrivi sopra il pelo dell' acqua, e dopo che il muro

avrà preso consistenza coll' indurirsi, si leveranno tutto d' intorno le tavole, che formano il perimetro della cassa, rimanendovi necessariamente quelle del fondo.

95. Le casse di legno sono di un grande uso per fabbricare nel mare, dovendosi in queste usare il calceftruzzo (§.68), affinchè le muraglie resister possano all' urto de' marosi, allorchè il mare infuria. Dopo che le casse vengono spogliate tutto d' intorno delle loro tavole, se ne uniscono poi le estremità col calceftruzzo (§. 69).

Per fare queste unioni si formano steccati nelle due teste delle disgiunzioni, o in quell' altra maniera, che si riconosce sul posto più sicura, e pronta, procurando di ammortire l' acqua posta in queste disgiunzioni, le quali si empiono poi sollecitamente con muraglia, tosto che è terminato l' apparato.

96. Per fondare col mezzo delle casse nei siti esposti al mare in burrasca, fa di mestiere praticare i seguenti indirizzi.

1.° Ciascheduna cassa avrà una figura parallelepipeda, o a questa approssi-

mante, la cui superficie maggiore le servirà di base.

2.° L'ossatura di queste casse si farà con grosse travi fortemente fra loro connesse, e queste verranno assicurate da altre, le quali attraverseranno l'interno della cassa.

3.° Gli assi, che esternamente s'inchiodano alle travi per chiudere cinque superficie del parallelepipedo, cioè il fondo, e le quattro facciate della cassa, dovranno essere grossi, e resistenti a dovere, e tutte le commessure di queste tavole saranno ben calafatate, ed unte con pece liquefatta.

4.° Le casse si costruiscono vicino al lido, e tosto, che sono terminate, si fanno scorrere nel mare in qualche sito, che non sia esposto alle burrasche, ed in cui siavi un fondo competente; indi si mura entro le medesime col calcestruzzo (§. 68), adoperando, finchè si può, pietre molto grosse, e si continua a murare, finchè si conosce di poterlo fare senza che la cassa nell'essere condotta al sito, ove dee essere assisa, possa incontrare, ed essere ritenuta dal fondo del mare.

5.° Ridotta la cassa a questo segno, è necessario di prevedere in quella maniera, che si può, se vi sia pericolo, che insorga qualche burrasca prima che la cassa sia empiuta al segno, che si conviene. I marinai fanno un esercizio continuo nell' osservare i fenomeni dell'atmosfera, per argomentare da questi il tempo avvenire, avendo anche il conveniente riguardo alla stagione, alla positura delle vicine montagne, ed a quella del lido, in cui si dee fabbricare.

6.° Allorchè dalle divisate osservazioni risulta, che il tempo è proprio per condurre la cassa nel luogo destinato, si uguaglia, se sia di bisogno, con ghiaie il fondo del mare nel sito, in cui si dee collocare la medesima, la quale si conduce al posto, e con molte corde, ed ancore se ne assicura la permanenza; dopo del che si lavora giorno e notte colla maggior sollecitudine possibile per terminarne al più presto il riempimento, il quale dee sorgere un piede al di sopra della più alta marea.

97. Ogni volta che si possono avere pietre di una gran mole, come a dire

di ſei, otto, o più carrate, le quali ſono vantaggioſamente configurate per eſſere ſalde ſulla loro baſe, e che, mettendone molte le une ſopra le altre, ſi può formare un molo con una gran pendenza dalle due bande, in ſimil riſcontro, dopo d'aver fatto il molo dal fondo del mare ſino al pelo della più alta marea, vi ſi fabbrica poi ſopra in tempo della baſſa marea, uſando il calceſtruzzo (§.68), e tutto il lavoro ſi ripara poi con altre groſſe pietre ſituate dalla banda, ove il mare ſi muove con impeto, allorchè è infuriato.

Queſta maniera di fabbricare ſi pratica nel coſtruire una darſena, o altro ſomigliante lavoro in que' ſiti di un porto, i quali non ſono molto dominati dalla forza de' maroſi, e ſerve anche a coſtruire le opere di fortificazione entro i laghi, e le paludi, purchè il fondo, ſu cui debbono appoggiarſi, ſia ſaldiſſimo.

CAPO IV.

Del modo di costruire le muraglie.

98. Scelte, e stabilite le qualità de' materiali, coi quali si dee murare ne' diversi siti della fortezza, e terminate le fondamenta, vi si disegna sopra la pianta della fabbrica, che si costruisce poi col calcestruzzo (§. 64).

A quattro specie ridurre si possono tutte le muraglie da costruirsi, e sono

1.ª Le muraglie fatte con pietre da taglio.

2.ª Le muraglie formate con pietre piatte, ed altre di facciata (§. 77).

3.ª Le muraglie di mattoni.

4.ª Le muraglie miste di mattoni, e di pietre irregolarmente configurate (§. 82.).

99. Nel costruire le muraglie della prima specie si debbono disporre le pietre in modo; che gravitino perpendicolarmente sulla loro maggior base, e s'intralcino scambievolmente, cioè a dire che una pietra dee colla sua lunghezza attraversare la spessezza del muro, mentre l' altra contigua ha la lunghezza sua

secondo quella del muro, e tutte le pietre debbono essere talmente disposte, che non s' incontrino mai due commessure contigue nella medesima linea, la qual cosa si dice dai pratici *schivar le sorelle.*

100. Per principiare una muraglia, si scrosta, o si rende altrimente scabrosa la superficie delle fondamenta, e, dopo d'averla ben bagnata, si forma uno strato di calcestruzzo della spessezza di $\frac{1}{6}$, o $\frac{1}{4}$ d'oncia, sopra del quale si collocano le pietre a norma dell'antecedente paragrafo, e si ha l' avvertenza di lavarle preventivamente, o di bagnarle, se sono imbrattate con terra, o coperte di polvere, e si mette pure una quantità di calcestruzzo fra le commessure verticali delle pietre, e queste non dovranno mai essere più distanti fra esse di $\frac{1}{4}$ d'oncia.

Terminato in tal guisa uno strato di pietre, che esser dee ben orizzontale, e piano, vi si sovrappone del calcestruzzo, che con molt' acqua si distempera, e questa dissoluzione dagli operai chiamata *lecinata* si fa scorrere in tutta quella superficie, affinchè s' introduca in tutti i

piccioli vani, che vi si possono incontrare, e le parti attenuate della calcina penetrino nei pori delle pietre, onde si accresca maggiormente il legamento fra queste, ed il calcestruzzo, e la superficie di questo strato si unisca più facilmente col superiore, che di poi si dee costruire.

Fatta la lecinata, come sovra, vi si sovrappone altro calcestruzzo, e si fa un altro strato di pietre, osservandosi, che per solo motivo d' economia s' impiegano le pietre da taglio nelle facciate, e che l' interno del muro si fa massiccio con altre pietre meno regolari, le quali si assodano, e si contrastano fortemente con altre pietre più picciole.

101. Se la muraglia dovrà farsi con pietre piatte, ed altre di facciata (§.98 n. 2), si muniranno gli angoli della fabbrica con pietre da taglio configurate a dovere, e si procurerà, che quelle di facciata siano fra loro della medesima altezza in ciascheduno strato, affinchè si possa sempre alzare la muraglia con strati orizzontali, e piani; per lo che è necessario, che le altre pietre, colle quali si dee formare il restante massiccio del

muro, ſiano anche della medeſima altezza.

Le pietre di ciaſcheduno ſtrato debbono eſſere fra loro intralciate più che ſi può, e debbono poſare ciaſcheduna ſulla ſua maggior baſe, e aſſodata, ſe fia di biſogno, colle convenienti ſchegge, dopo del che ſi empiono i vani ſuperiori con altro calceſtruzzo, e con pietre più picciole, a fine di appianare lo ſtrato, e aſſodarlo quanto più ſi può; il che terminato vi ſi diſtende ſopra la lecinata, e indi ſi principia un altro ſtrato di pietre.

102. Nel coſtruire una muraglia con mattoni mezzanella (§. 98 n. 3) ſi praticheranno tutti gl'indirizzi, e le avvertenze date (§. 99, e 100), affinchè i mattoni ſiano ſempre poſati ſulla loro maggior baſe, ſcambievolmente bene intralciati, e ſi ſchivino le ſorelle per ogni verſo.

Prima di mettere in opera i mattoni, ſi dovranno pure bagnare, a fine di levare la polveruzza, di cui ſi trovano quaſi ſempre coperti, e per agevolare anche lo ſcioglimento, e l' introduzione della calcina nei loro pori, onde rieſca

più forte l'unione fra i mattoni, ed il calceſtruzzo.

Nell' adattare poi ciaſcun mattone nel ſuo ſito, s' avrà l'avvertenza di non percuoterlo a ſegno, che ſi vengano a ſcuotere gli altri, che già ſono in opera, avvegnachè in queſto ſcuotimento ſi diſgiungono dal calceſtruzzo, col quale più non contraggono unione.

Le lecinate, che ſi fanno nelle muraglie di mattoni, rieſcono aſſai più vantaggioſe, che in quelle di pietra, ognorachè ſi fanno più liquide.

103. Allorchè ſi fabbrica una muraglia miſta di mattoni, e pietre irregolarmente configurate (§. 98 n. 4) ſe ne rinforzano gli angoli con pietre da taglio, o almeno con mattoni, e nel rimanente della facciata ſi fabbricano gli ſtrati colle dette pietre per l'altezza di once 6 in 12, e ſopra ognuno di queſti ſtrati ſe ne fa uno, o due con mattoni, che dai pratici, come già ſi diſſe, ſono denominati *faſce*, o *corree*, a fine di meglio vincolare il muro, e rendere ciaſcheduno ſtrato ben piano, ed orizzontale. Nel coſtruire queſte muraglie ſi ha pure l' avvertenza di intralciarne le

pietre più che si può, e di fare nella facciata molto strette le commessure fra le dette pietre.

104 Terminata la costruzione della muraglia in una delle divisate maniere, si hanno nel suo esterno molti vani fra le pietre, i quali si debbono poi empiere collo stesso calcestruzzo, con cui si fabbrica il muro, la qual cosa si fa, tosto che si è terminato uno strato. In quest' operazione dee il muratore gettare con forza il calcestruzzo nei vani suddetti, e indi comprimerlo, ed appianarlo, affinchè si unisca strettamente alla muraglia, e più non possa la pioggia e l'umidità introdursi in queste commessure: imperciocchè, non usandosi questi indirizzi, il calcestruzzo si stacca dopo pochi mesi, e specialmente nelle muraglie esposte alla mezza notte.

Quest' operazione si chiama *imboccatura*, o *imboccare il muro*, ed è l'ultima, che si fa nelle muraglie di cinta, ed in quelle della controscarpa, e delle gole delle opere; ma nelle fabbriche isolate, come sono i magazzini, i quartieri, la casa del Governatore ec. se ne sogliono fare delle altre di minor conseguenza.

Si dice *arricciare il muro*, e volgarmente *ricciatura*, *o granitura*, allorchè col calceſtruzzo finamente ſtacciato ſi copre tutta la facciata del muro; la qual coſa ſi fa gettando il calceſtruzzo con impeto a diverſe ripreſe. Diceſi *intonacare il muro*, e volgarmente *ſtabilitura* quell' intonico molto ſottile, che ſi fa con un calceſtruzzo formato con calcina bagnata di qualità dolce e bianca, la quale ſi meſcola con poca arena molto fina. Queſt' intonico ſi applica per compreſſione ſopra l' arricciato del muro, dopo che l' arricciato ſuddetto ſi è indurito.

105. Il clima, e la ſtagione, in cui ſi fabbrica, modificano notabilmente l'adeſione, che acquiſtano le muraglie. Ne' paeſi eſpoſti al gelo ſi dee evitare di fabbricare nell' autunno avanzato, ed in principio della primavera; poichè, ſe dopo d' aver meſſo il calceſtruzzo in opera ſopravviene il gelo, l' acqua nel congelarſi acquiſta un volume maggiore, e nel dilatarſi disgiugne molte parti del muro, le quali non ſi riuniſcono mai più. A fine di prevenire i peſſimi effetti del gelo in quelle muraglie, che non ſi

possono terminare nella buona stagione, se ne copre la sommità in principio di novembre con terra per l'altezza di once 4 in 6, la quale si leva poi nella susseguente primavera, e avanti di continuare la muraglia si osserva se quella costrutta nel finire della precedente campagna sia stata danneggiata dal gelo nella sommità, nel qual caso se ne dovrà distruggere quella parte, che in qualche modo sarà stata lesa.

Se poi si troverà la muraglia illesa, se ne scrosterà fortemente la parte superiore, e dopo d'averla ben lavata, per togliere le parti terree, ed inumidire il muro, si prosseguirà a fabbricare (§.100). Questa stessa operazione si dee pure praticare, ognivoltachè si vuole costruire un muro sopra un vecchio.

106. Le muraglie, che nelle giornate lunghe della state si costruiscono esposte ai raggi solari, soggiacciono a varie disgiunzioni, allorchè l'eccessivo calore secca precipitosamente il calcestruzzo (§. 105).

Per impedire queste disgiunzioni si bagna la muraglia più del solito in tempo, che si costruisce, e si innalza senza inter-

interrompimento, ed ove in qualche ſito del muro recente s'abbia a ſoſpendere il lavoro per alcuni giorni, ſi procura con tavole, o altrimenti di riparare dai raggi ſolari la ſommità del muro abbandonato, che ſi dee poi eſaminare attentamente, allorchè vi ſi dee ripigliare il lavoro, e incontrandoſi parti slegate, o difettoſe, ſi diſtruggeranno, dopo del che ſi murerà nel modo già deſcritto.

107. Il tempo, che ſi richiede, affinchè una fabbrica ſia aſciutta a dovere, e la muraglia acquiſti tutta l'adeſione, di cui il calceſtruzzo è capace, dipende dalla ſpeſſezza delle muraglie, dalla loro eſpoſizione, dall'eſſere iſolate, o appoggiate a qualche terrapieno, o alla roccia, e ſoprattutto dipende dal clima (§. 105); oſſervandoſi generalmente che, ſe una fabbrica coſtrutta nel litorale del mediterraneo s'aſciuga a dovere in due anni, ed acquiſta tutta la conſiſtenza, di cui ſono capaci i materiali, un'altra fabbrica ſimilmente coſtrutta fra le alpi ſtenta ad arrivare allo ſteſſo ſegno dopo due luſtri.

Siccome una muraglia rieſce più re-

fistente a misura, che maggiormente si asciuga, così sembra a prima vista che, nel terminarsi l'asciugamento, cessi anche di crescere l'adesione nel muro. Dall' osservazione, e dalla sperienza ricavasi che, quantunque la muraglia sembri molto secca dopo due, o tre anni, essa ha però una tenacità minore di quella, che manifestasi dopo dodici, o quindici anni, che è stata costrutta, la qual cosa fa conoscere, che per molti anni si fa nel calcestruzzo una fermentazione a noi insensibile, mediante la quale il muro acquista maggior legamento.

108. Le fabbriche, che si destinano per alloggiarvi la guarnigione, o per ritirarvi le polveri, i legnami, le corde, la farina, i legumi ec., debbono, dopo qualche tempo, che sono state costrutte, riuscire ben secche, e più non essere soggette all' umido, senza del che cagionano molte, e gravi malattie nella soldatesca, e si guastano parecchie munizioni da guerra, e da bocca.

Per tre strade diverse s'insinua l'umido in una fabbrica, cioè per via del pian terreno, delle muraglie laterali, e del coperto.

109. Per impedire, che l'umidità non s'infinui nelle camere del pian terreno, convien farlo alcune once più alto di quello della Piazza, e il fuolo, che circonda la fabbrica, fi dee felciare tutto d'intorno in pendenza tale, che in tempo delle piogge, e nel fcioglierfi delle nevi l'acqua s'allontani con gran facilità dalla fabbrica.

Allorchè queſto ripiego non baſta, fi fanno fotterranei al pian terreno, e ognivoltachè queſti fi poſſono profondare a piacimento, fi coſtruiſcono in modo, che fervano di cantina, o di ripoſtiglio per quelli altri generi, che efigono un fito freſco; in fomma fi procura, che queſti fotterranei fiano in qualche maniera utili alla fortezza, e vi fi dà l'acceſſo fpecialmente per mezzo di qualche rampa carreggiabile, affinchè rieſca più comoda l'introduzione, e l'eſtrazione delle robe, che vi fi collocheranno.

110. La neceſſità di coſtruire camere fotto il pian terreno, a fine di averlo ben fecco, occorre più fovente, allorchè fi fanno gli alloggi, ed i magazzini appoggiati ai terrapieni, o alla roccia.

Per altro molti casi si danno anche nei paesi bassi, ed umidi, in cui le camere del pian terreno sono assai secche, quantunque non abbiano sotterranei, e s' incontrano nella Lombardia fortezze, le cui casematte costrutte nella linea magistrale sono secche nel pian terreno sprovvisto di sotterranei, non ostante che il fosso della magistrale sia tutto d'intorno pieno d'acqua, e che il pelo di questa non sia più basso di tre in quattro piedi dal detto pian terreno.

Questi fatti dimostrano che, qualora l'Architetto prende in considerazione tutte le circostanze fisiche, le quali s'incontrano nel sito, in cui dee fabbricare, e conosce i ripieghi più adattati, e il modo di metterli in pratica, può fare cose utilissime, che dalla gente di mera pratica sono considerate come impossibili.

111. S'insinua l'umidità entro le camere per via delle muraglie laterali (§.108), allorchè queste sono appoggiate a terrapieni, o alla roccia, e ciò specialmente in quelle regioni, nelle quali la neve soggiorna lungamente. Per avere in queste circostanze le camere ben secche,

ſi potrà uſare il ſeguente ripiego oltre quello deſcritto nell' antecedente paragrafo.

Suppongaſi in primo luogo, che le camere debbano eſſere appoggiate a un terrapieno, ſi dovrà primieramente coſtruire la fabbrica iſolata, e, dopo che ſarà terminata, ſi laſcerà ſeccare ben bene; indi s' arriccerà il muro dalla banda del terrapieno, e queſt' arricciato ſi coprirà con un intonico fatto colla calcina forte anticipatamente bagnata, e meſcolata colla pozzolana (§.68), e ſe nel ſeccarſi queſt' incroſtatura vi ſi formeranno feſſure, ſi procurerà di otturarle con queſto ſteſſo calceſtruzzo.

Terminata l' operazione, ſi farà in vicinanza di queſto muro, e dalla banda pure del terrapieno una muraglia a ſecco groſſa once 12 in 18, e formata con pietre, che non aſſorbiſcano l' umido, come ſono i ciotti, ed altre pietre di ſimil ſorta; dovendo le fondamenta di queſta muraglia eſſere anche più baſſe del pian terreno per once 12 in 24, e a miſura che la muraglia a ſecco s'anderà alzando, ſi formerà contiguo il terrapieno colle terre di traſporto, che do-

vranno essere ben assodate, e fortemente battute per ogni strato d' once quattro in sei.

112. Occorrendo, che si debba appoggiare alla roccia una qualche abitazione, sarà necessario, per averla secca, che tra le camere e la roccia si pratichi un andito largo piedi due in circa, e che il muro, il quale separa le camere dall'andito, sia da quella banda intonacato colla calcina mista colla pozzolana a norma dell' antecedente paragrafo. In oltre nella superficie della roccia, che corrisponde all' andito, si faranno diverse scorticature in forma di canaletti inclinati per ricevere gli stillicidi, e tutti questi scorticamenti avranno il loro scarico entro un canale fatto nel piano dell' andito, che dovrà essere alcune once più basso di quello delle camere, ed avere uno sfogo nell'esterno della fabbrica.

113. L'intonico delle cisterne si dee fare con una particolare maestria, senza del che vi si formano diverse fessure, per le quali l'acqua trapela (§.59).

Per fare quest' intonico si mescola la calcina forte anticipatamente bagnata con una dose uguale di pozzolana, e

d' arena, e s' arricciano le pareti interne della cisterna, comprimendo fortemente il calcestruzzo, a fine di condensarlo a dovere. Sopra quest' arricciato si fa un intonico molto sottile col calcestruzzo descritto (§. 70 n. 1), ed allorchè questo nel seccarsi comincia a produrre fessure, si bagna per due o tre volte con un pennello da muratore intinto nel detto mescuglio, che dee essere liquido, e si procura d' otturare le fessure in quella maniera, che riesce più adattata.

Dopo che quest'intonico sarà secco, se ne gratterà la superficie con un ferro uncinato, indi si bagnerà ben bene con una leccinata formata col divisato mescuglio, e sopra di questa si farà un' altra incrostatura molto sottile, le cui crepature s' ottureranno, come prima, a misura, che si seccherà; dopo del che si passerà a formare il terzo, e quarto intonico col divisato metodo, finchè tutti insieme formino una spessezza di tre in quattro punti.

114. Allorchè si dovrà fare un qualche recipiente per l'acqua in sito immediatamente esposto al gelo, ove l'uso della pozzolana più non serve (§. 58), si

potrà ottenere l'intento o coll'uſo di un qualche maſtice non ſoggetto al gelo, o col far coſtipare le muraglie del recipiente.

Per uſare il primo ripiego ſi piglia calcina forte già bagnata da due anni in circa, e s'impaſta con due porzioni d'arena fina, una d'argilla ben cotta, e ridotta in polvere (§. 34), e l'altra di marmo peſto ſottilmente, e con queſto meſcuglio s'intonaca ſollecitamente l'interno del recipiente; dovendoſi oſſervare, che, ſe la calcina ſarà ſtata bagnata a norma del §. 19, il maſtice riuſcirà ancora migliore.

115. Se bene il ſecondo ripiego (§.114) non eſcluda ſempre eſattamente il trapelar dell'acqua, eſſo non tralaſcia però d'eſſere d'uſo. Dopo d'aver coſtrutto il recipiente col ſolito calceſtruzzo (§.64), e dopo d'averlo laſciato ſeccare a dovere, s'empie eſſo recipiente col latte di calcina meſcolato con poca arena finiſſima, che di tanto in tanto ſi rimeſcola per impedire, che non faccia ſedimento. Allorchè s'oſſerva, che il latte trapela da più bande nell'eſterno delle pareti, ſi vota il recipiente, e ſi

lascia seccare, indi s'empie di nuovo col detto latte, che come prima si rimescola di tanto in tanto, finchè si osserva, che trapela un'altra volta esternamente, e allora si torna a votare il recipiente per lasciarlo seccare come prima: dopo del chè s'empie di nuovo col latte suddetto, e s'opera come avanti, ripetendo queste operazioni alternatamente, finchè si vede che, per quanto si lasci il latte entro il recipiente, più non penetra esternamente, ed allora è segno, che le pareti sono costipate.

Una breve riflessione basta per conoscere, che quest'operazione è fondata sulla proprietà della calcina bagnata, la quale più non si discioglie, dopo che s'è indurita una volta: imperciocchè nella prima volta, che si mette il latte di calcina come sovra mescolato entro il recipiente, nel trapelare, che fa l'acqua per le pareti di questo, esporta seco diverse particelle di calcina, alcune delle quali si fermano lungo i meati, mentre altre s'avanzano fino all'esterno del muro. Allorchè si leva poi il latte dal recipiente, le particelle della calcina, che si sono introdotte nei vani del

muro , s' indurifcono , onde alcuni di quefti meati ne rimangono otturati, mentre altri fi reftringono folamente. Nella feconda volta, che fi mette il latte entro il recipiente, continuano a paffare molte particelle di calcina per li vani, che fono rimafti apèrti, ne' quali depofitandofene una porzione, maggior numero di meati fi viene a otturare, altri poi fi chiudono interamente nella terza volta ec., finchè a forza di ripetere l' operazione fi otturano tutti que' pori, e vani, per li quali l'acqua paffava da principio.

CAPO V.

Come fi coftruifcono le Volte a refiftenza di bomba.

116. Nelle Piazze di guerra molto vafte non fi fabbricano mai quartieri, nè altri fiti a refiftenza di bomba, giacchè nella grand' eftenfione della città fi poffono fempre fcegliere fabbriche civili nelle parti oppofte agli attacchi per alloggiarvi le truppe, e per fituarvi con ficurezza le munizioni da guerra, e da

bocca; ma si fanno solamente alcuni magazzini di mezzana capacità in quelle fronti, che sono più soggette all'attacco, per depositarvi cotidianamente in tempo della difesa le munizioni da guerra, che si van consumando.

Per lo contrario nelle cittadelle, ed in tutte le fortezze poco estese è sempre necessario, che gli uomini, gli spedali, le munizioni d'ogni genere, i forni, il laboratorio de' bombardieri, e le officine de' fallegnami, de' ferrai, e degli armaiuoli sieno in siti riparati dalle bombe.

117. Le fabbriche a resistenza di bomba possono essere isolate, o essere annesse a quelle parti della cinta magistrale, che non sono esposte a essere battute in breccia.

Nelle fortezze poco estese si ha per massima di costruire più che si può gli alloggi, e magazzini nelle cortine, ne' fianchi de' bastioni, e anche in quelle opere esteriori, nelle quali l'assalitore non può alloggiarsi, a fine di sminuire con tale disposizione il numero delle fabbriche isolate nell'interno della Piazza, le quali, oltre la maggior spesa,

accrescono il pericolo alla guarnigione, mentre passa per le contrade, e specialmente se queste sono troppo strette.

118. Nel fabbricare camere, o altri somiglianti vani a resistenza di bomba si fa nella loro parte superiore una volta di spessezza tale, che non possa essere perforata nell' urto di questi proietti, ed è necessario in oltre nel costruire la volta di ripararne il dorso esterno in modo, che l' umido non trapeli nelle camere (§. 108); e poichè nella seguente terza parte si tratterà della figura, e delle spessezze, che aver debbono queste volte, così basterà adesso descrivere il modo di costruirle, e di aggiustarle, affinchè sieno resistenti, e le camere vadano esenti da qualunque umido.

119. Dopo che i piè dritti, ed una porzione de' rifianchi sono terminati, si collocano le centine a conveniente distanza le une dalle altre, e si puntellano fortemente per disotto, di modo che, coprendole con tavole contigue, possa quest' apparato sostenere i materiali, che debbono formare la volta.

Disposte in tal guisa le cose, si principia a fabbricare le imposte sopra un piano orizzontale di larghezza uguale alla spessezza della volta, e si proseguiscè il lavoro coll' intralciare le pietre della volta in modo, che si schivino le sorelle in tutti i sensi, e le loro congiunzioni sieno perpendicolari alla curvatura della volta, onde colle dette pietre si formino altrettanti cunei spuntati verso l' interno della suddetta volta.

Allorchè s' adoperano pietre naturali, fa di mestiere, che abbiano un'affinità col calcestruzzo (§. 73 n. 3), che la loro figura sia piatta, e che le loro dimensioni eccedino quelle de'mattoni, e specialmente nella lunghezza, e larghezza.

Per assodare a dovere queste volte, si userà un calcestruzzo bene stacciato, le pietre naturali, o fattizie s' applicheranno strettamente le une alle altre, e nel terminare la volta si faranno entrare a gran forza nel loro sito quelle altre pietre, che formeranno la serraglia; dopo del che si rilascerranno le centine per l' intervallo di una in due once, secondochè minore, o maggiore sarà il

vano della volta, affinchè i materiali, che la compongono, essendo abbandonati al proprio peso, possano unirsi più strettamente fra loro.

120. Terminata la volta se ne compiscono i rifianchi, e con un massiccio in muraglia si forma sul dorso esterno un piano in pendenza per lo scolo delle acque, e sopra questo piano col calcestruzzo del §. 68 si fanno almeno due strati di mattoni posati sulla loro maggior base, e in modo tale, che le unioni dello strato superiore non corrispondano a quelle dello strato inferiore. Questo lavoro si arriccia poi, e s' intonaca collo stesso calcestruzzo, e mentre si lascia seccare all' ombra, si procura di otturare esattamente le fessure, che vi si manifestano.

121. Ne' paesi meridionali il divisato lavoro (§. 120) basta per impedire, che l' acqua non trapeli nelle volte, quantunque sia pochissima la pendenza del massiccio, e specialmente allorchè questo forma il piano del rampale, ove la pendenza è tra $\frac{1}{24}$, ed $\frac{1}{12}$ della larghezza.

Nel Piemonte, e nella Lombardia il divisato intonico si scrosta, e si sfarina, ognivoltachè trovasi immediatamente esposto all' inclemenza dell' inverno (§.58), ma riesce di un uso ottimo, allorchè è riparato dal gelo.

Nelle fabbriche isolate, che hanno il massiccio coperto in una gran pendenza, basta applicarvi un corso di tegole, che si murano col calcestruzzo (§.64), e per maggior sicurezza se ne sovrappone un altro di tegole movibili, e si ripara esso massiccio nello stesso modo, qualora in vece delle tegole si debbono usare ardesie, o pietre di lavagna, dovendo queste incavalcarsi a dovere le une sopra le altre.

122. Allorchè si hanno Maschi, Torri, o altre somiglianti opere in muraglia, che hanno internamente delle camere, e queste si debbono coprire a guisa di terrazzo per collocarvi sopra le Artiglierie in tempo di difesa, si farà il massiccio coperto a norma del §. 120; indi sopra l' ultimo intonicato se ne farà un altro col mastice descritto (§. 114), o altro equivalente; a fine poi di riparare maggiormente questa fabbrica dall'in-

temperie dell'inverno, e conservarla illesa in tempo di pace, si formerà sopra il terrazzo un'ossatura di legnami, che si coprirà con tegole, o ardesie a guisa di una fabbrica civile.

La medesima cosa dovrà praticarsi in que' quartieri, o in quelle altre fabbriche isolate, il cui massiccio coperto ha pochissima pendenza.

Se poi le volte delle divisate fabbriche non avranno una spessezza sufficiente per resistere all'urto immediato delle bombe, e che per renderle resistenti sia necessario in tempo di prossimo assedio sovrapporvi una quantità di terra, in simil caso si farà pure il massiccio coperto a tenore del §. 120, e sopra le muraglie, che formano il perimetro della fabbrica, si alzerà un parapetto pure di muraglia per contenere le dette terre, praticando in questo parapetto diversi buchi corrispondenti alle converse, che si faranno nel terrazzo, per facilitare lo scolo delle acque in tempo della difesa; dovendosi prima di questa mantenere sempre un coperto provvisionale fatto con tegole, o con ardesie sopra queste fabbriche.

123. Ognivoltachè sopra le volte costrutte nella cinta magistrale si dee formare il rampale con terra, vi si dovrà pure fare il solito massiccio coperto (§. 120), sopra del quale si metterà una quantità di ghiaia grossolana, e picciola per l' altezza di once 6 in 10, e sopra queste ghiaie si metterà poi terra stacciata, e ben battuta per l' altezza di once 24 in 30, secondochè questa sarà più, o meno tenace, e consistente, e questa terra spianata a dovere formerà il piano del rampale, a cui si darà la solita pendenza di $\frac{1}{24}$ della larghezza verso l' interno.

Se il vano di queste camere dovrà avere una maggior altezza, a fine di dividere gli alloggi in due piani, e ciò senza elevare maggiormente il rampale, nè abbassare il pian terreno d' esse camere, in simil riscontro sarà necessario valersi del massiccio in muraglia fatto sopra le dette volte per formarne il piano del rampale. Per la qual cosa, dopo d' aver costrutto il divisato massiccio a norma del §. 120, se ne coprirà l' intonico superiore col mastice del §. 114,

e si farà pel tempo di pace un coperto sopra il rampale (§. 122) talmente disposto, che le sentinelle, e le ronde abbiano un passaggio libero.

124. Porremo fine a questo capo colle seguenti avvertenze.

1.ª Tutti i lavori, che si faranno per impedire, che l'umido non trapeli nelle volte, dovranno eseguirsi con una grande attenzione, affinchè s'evitino fra i mattoni le sorelle per ogni verso, e qualunque picciol vano e disgiunzione nel massiccio, che si fa sul dorso esterno della volta.

2.ª Questi lavori si faranno a coperto de' raggi solari, affinchè secchino gradatamente, e si procurerà colle convenienti leccinate, e coi sottili intonicati d'otturare a dovere tutte le crepature, che s'anderanno formando nelle incrostature.

3.ª Nel costruire i divisati coperti provvisionali si cercherà di tagliare le travi in modo, che in occasione d'assedio si possano disporre per riparare le finestre degli alloggi dall'infilata delle bombe.

PARTE TERZA

Della Resistenza delle fabbriche militari, che dipende dalla qualità, e dalla spessezza de' muri, che le compongono.

125. Sono di due specie le forze, che tendono a distruggere le fabbriche militari. La prima di queste forze nasce dalla continua pressione de' terrapieni contro i muri, che li sostengono, e da quella delle volte contro i loro piè dritti. A questa pressione si dee aggiugnere l' azione, che in qualsivoglia fabbrica le materie poste nella parte superiore esercitano col loro peso verso le inferiori.

Consiste la seconda forza nell' urto delle palle da cannone contro le muraglie, ed in quello delle bombe contro le volte.

126. Per resistere alla prima forza basta combinare la spessezza del muro coll' adesione, e densità delle materie, che lo formano; ma per resistere alla forza degli urti fa di mestiere, che alle divisate condizioni vada congiunta l' impe-

netrabilità del muro, o almeno una durezza considerabile.

127. Si scorge adunque che, prima d' intraprendere una qualche fabbrica, d' uopo è fare le convenienti sperienze intorno la qualità de' materiali, che si avranno a impiegare (§.61), e intorno il modo più vantaggioso di combinarli, e di metterli in opera, a fine di conoscere come, e fin a qual segno si possono ottenere le divisate proprietà nelle muraglie, che si hanno a costruire; onde col mezzo di questi dati s' arrivi a determinarne le spessezze nello stato dell' equilibrio per quindi accrescerle a quel segno, che nel cautelare la pratica esclude gli eccessi irragionevoli.

128. Avendo preparati vari saggi a norma del §. 11 Instituzioni Fisico-meccaniche, e delle cose quì avanti spiegate a fine di conoscere la tenacità assoluta, che dopo due anni acquistava la calcina forte di Superga, e la morella di Rivara mescolate ambedue coll' arena del Parco vecchio dopo d' essere state anticipatamente bagnate, è risultato

1.° Che il calcestruzzo più tenace fatto con ciascheduna di queste calcine sia

quello, in cui la quantità dell' arena di grano mezzano è in circa il triplo della calcina.

2.° Che la tenacità relativa acquistata dal calcestruzzo di Superga a quella di Rivara è nei siti secchi fuori di terra come 18 : 19, e nei siti umidi sotto terra come 55 : 23.

3.° Che la tenacità assoluta acquistata dal calcestruzzo di Superga nei pilastrelli della spessezza d' once $15\frac{1}{2}$ fatti con mattoni mezzanella, ed aggravati da un peso straniero, affinchè i materiali s' adattassero a dovere gli uni agli altri, era di ventimila libbre per la sezione di rottura di un piede.

4.° Che la tenacità assoluta acquistata in sito secco fuori di terra dallo stesso calcestruzzo di Superga adoperato nell' unire diversi mattoni da due in due in forma di croce, e senza essere aggravati da verun peso straniero era solamente di diecimila e ottocento libbre per la sezione di rottura di un piede.

129. Terminate le sperienze si sono esaminate le sezioni di rottura, ed è risultato

1.° Che in tutte le ſperienze la rottura era ſeguita ſolamente nel calceſtruzzo, che univa i mattoni mezzanella, de' quali l' adeſione aſſoluta era di centomila libbre per un piede ſuperficiale.

2.° Che il calceſtruzzo nella ſezione di rottura de' pilaſtrelli era meglio unito, e più denſo di quello oſſervavaſi ne' mattoni accoppiati da due in due.

3.° Che i mattoni de' pilaſtrelli erano ſtati penetrati dal calceſtruzzo per la ſpeſſezza di un punto incirca, la qual coſa non ſi oſſervava nei mattoni come ſovra accoppiati da due in due.

130. Conſegue pertanto dalle oſſervazioni dell' antecedente paragrafo

1.° Che le ſperienze, di cui ſi tratta, ſi debbono fare con pilaſtri di una conveniente ſpeſſezza, ed aggravati da un proporzionato peſo ſtraniero, affinchè il calceſtruzzo s' uniſca a dovere colle pietre, e s' aſſodi colla ſteſſa legge, con cui s' induriſce nelle fabbriche.

2.° Che, quando ſi fanno le ſperienze in picciolo, il calceſtruzzo rimane meno unito, e più raro fra i mattoni, e vi ſi aſſoda precipitoſamente ſenza aver tempo di fare quell' inſenſibile fermen-

tazione, per cui s'accresce considerabilmente la sua adesione (§.107).

CAPO PRIMO.

Della Resistenza de' muri isolati, de' pilastri, e delle colonne.

131. I materiali, che gravitano a piombo sopra un piedestallo, un pilastro, una colonna, o altro somigliante sostegno posato sopra una salda base, tendono col loro peso a schiacciarlo, o a fessurarlo. La resistenza, che il sostegno oppone in queste circostanze, è massima, giacchè dipende non solo dall'adesione delle particelle, che lo costituiscono, ma ancora dalla loro indivisibilità, la quale basterebbe a rendere illeso il sostegno, se tutte le sue particelle primordiali s'appoggiassero le une sopra le altre in direzioni a piombo, e sopra basi orizzontali.

Noi osserviamo facilmente il gran divario, che corre tra questa resistenza, e quell'altra, che nasce dalla sola adesione delle particelle elementari di un corpo. Una colonna di pietra ritta sulla sua base regge un peso considerabilissimo; ma

ſe queſta ſteſſa colonna s'annoda in una ſua eſtremità, e ſi ſoſpende in alto verticalmente, baſta l'aggiunta di un picciol peſo ſtraniero, e talvolta anche il ſolo proprio per romperla; ed è appunto queſto il motivo, per cui nell'alzare le colonne per metterle nel loro ſito ſi faſciano con una ſpecie di rete, che le vincola da capo in fondo.

132. Per determinare la quantità della reſiſtenza, che le muraglie oppongono al peſo de' corpi, che le aggravano (§.131), fa di meſtiere coſtruire alcuni pilaſtri coi materiali ſteſſi, che ſi debbono adoperare nella fabbrica militare, ed uſare le avvertenze date (§.130). In oltre la baſe di queſti pilaſtri ſarà di figura quadrata, e l'altezza ſi farà minore del doppio della ſpeſſezza, affinchè il pilaſtro non s'incurvi, allorchè nella ſperienza s'aggraverà con un peſo, e ſi termineranno queſti pilaſtri con una ſuperficie orizzontale, ed appianata eſattamente.

Dopo che queſti muri ſaranno ſecchi a dovere, ſe ne aggraverà la ſuperficie ſuperiore con un peſo diſpoſto in modo tale, che graviti ugualmente

ſu tutti i punti d'eſſa, onde rieſca $\frac{P}{S}$ una quantità coſtante (§. 67 Inſtituzioni Fiſico-meccaniche), dopo del che s'anderà creſcendo queſto peſo, finchè il pilaſtro cominci a dare ſegni di rovina.

Queſto ſteſſo metodo ſerve pure per determinare la reſiſtenza delle colonne di pietra, le quali debbono ſoſtenere archi, muraglie, o altri gravi peſi, baſtando avere un pezzo della ſteſſa pietra per valerſene nella ſperienza in vece del pilaſtro.

133. Ritrovato il valore del peſo = P, che comincia a feſſurare un pilaſtro di baſe quadrata = S (§. 132), ſarà poi facile coll' analogia di ritrovare il peſo atto a ſchiacciare un altro pilaſtro di baſe diverſa, purchè la figura ſua ſia pure un quadrato: imperciocchè, ſe la ſteſſa baſe ſi convertirà in un quadrilungo, in cui la differenza fra i lati diſuguali ſia conſiderabile, ſi troverà coſtantemente, che il pilaſtro più non potrà reggere il peſo primiero.

134. La teoria data (§. 131, 132) aſſicura baſtantemente la pratica, ognivoltachè i pilaſtri, le muraglie, le co-

lonne , e gli altri somiglianti sostegni sono inflessibili, come avviene, quando l'altezza non ne supera di molto la grossezza; ma, qualora l'altezza è considerabile in confronto della spessezza , avviene, che i sostegni riescono flessibili , e quindi si piegano, e s'incurvano, allorchè sono aggravati nella parte superiore da un peso conveniente. In questo caso la forza, che rompe il muro, agisce coll'aiuto di leva , e la resistenza di questo , cessando di essere assoluta , diventa relativa.

135. Noi abbiamo campo d'osservare la flessibilità , e l'incurvatura, di cui si ragiona, non solamente in parecchi pilastri , che reggono pesi stranieri , ma ancora nelle muraglie isolate, che altro peso non sostengono se non quello de' materiali , che le compongono , come sono i muri, che formano il recinto di un giardino , le traverse , che si fanno nelle Piazze montane per ripararsi dai tiri delle altezze vicine ec. Nasce la curvatura de' muri, e de' pilastri o dagli errori , che l'artiere commette nel costruirli col trascurare d'applicare il calcestruzzo ugualmente da per tutto, o

d' assodare le pietre nella stessa maniera, o di fabbricare il muro a piombo, e nasce ancora dal non essere tutte le pietre della medesima gravità specifica, di modo che la linea a piombo, che passa pel centro di gravità del muro, si scosta dalla metà della base, i quali errori, se bene non producono effetti sensibili, allorchè l' altezza della muraglia è poca rispetto alla spessezza, riescono però sensibilissimi, e fanno incurvare il muro, ognivoltachè l'altezza di questo è grande in confronto della sua spessezza.

Per accertarsi che, qualora evvi una gran differenza tra l' altezza, e la spessezza di un muro isolato, questo diventa flessibile, e s' incurva, basta confrontare certe muraglie isolate con altre, che, essendo costrutte cogli stessi materiali, e sulle medesime proporzioni, formano il perimetro di una casa: imperciocchè s'osserva che, mentre le prime sono flessibili, e fuori di piombo, quelle del perimetro sono quasi che inflessibili, ed a piombo, poichè le travi delle soffitte, e le chiavi di ferro, che le vincolano, formano parecchi punti di contrasto talmente immobili, che l'altezza

di queste muraglie rispetto alla loro flessibilità si può contare solamente tra una soffitta, e l'altra.

136. Per misurare la resistenza di un muro isolato, o di un pilastro, che per alcuna delle addotte cause (§. 135) s'incurva, ed è fuori di piombo, si consi-
TAVOLA I. FIGURA 1. deri che ABCD rappresenti lo spaccato di un muro di figura parallelepipeda saldamente fondato, il quale pende verso F, e sia G il suo centro di gravità, H quello dell' adesione nella sezione di rottura radente il suolo ABF, e l'angolo dell'inclinazione HGF sia determinato dalla retta GH, e dalla linea a piombo GF, la quale casca fuori della base AB, e finalmente l'altezza del muro sia espressa dalla linea a piombo CR. In queste circostanze se sarà cognita l'adesione assoluta del pilastro $=p$ per un piede superficiale, il peso di un piede cubo di questa muraglia $=q$, e la lunghezza d' essa muraglia $= l$ presa orizzontalmente, sarà a tenore delle cose insegnate nella Statica Capo 5.°

$lp \times AB \times HB$ il momento dell' adesione relativa rispetto al punto di contrasto B nella sezione di rottura $l \times AB$.

$lq \times AB \times RC \times BF$ il momento della forza, che tende a produrre la detta sezione di rottura; perocchè nello stato dell' equilibrio sarà, dopo d' aver corretta l' espressione,

$q \times RC \times BF = p \times HB = p \times \frac{AB}{2}$, formola generale per li solidi isolati saldamente abbarbicati nel suolo, e ne' quali la linea a piombo, che passa pel centro di gravità, cade fuori della base AB.

137. Considerando più particolarmente l' addotta formola, si scorge

1.° Che, accrescendosi la spessezza AB del muro, o la sua tenacità $= p$, se ne accresce la resistenza nella stessa proporzione.

2.° Che, se l' altezza RC si farà maggiore, il momento della forza, che tende a rompere, crescerà in una proporzione maggiore di $RC \times BF$: imperciocchè la lunghezza della leva BF crescerà non solo, perchè il punto G s'allontana da H, ma ancora perchè l'angolo HGF dell'inclinazione diventa maggiore per causa del maggior peso.

3.° Che per avere saldezza ne'muri isolati, e ne' pilastri fa di mestiere co-

ſtruirli con tutte le avvertenze dell'arte, e proporzionare talmente la ſpeſſezza all' altezza, ché rieſcano infleſſibili.

Nelle colonne di pietra le più robuſte, come ſono quelle dell' ordine toſcano, il diametro della baſe è la ſeſta parte dell' altezza totale della colonna, la cui parte inferiore è di figura cilindrica per l' altezza di due diametri, e la rimanente porzione è configurata a cono tronco, in cui il diametro del minor cerchio è $\frac{19}{24}$ di quello della baſe. Queſte colonne ſi conſiderano infleſſibili, ed atte a reggere peſi graviſſimi, ognorachè la pietra è di qualità competentemente tenace, e dura, e capace a reſiſtere all' inclemenza delle ſtagioni.

138. Se la muraglia inclinata ABCD ſarà aggravata da un corpo ſtraniero CDKL, converrà alla formola del §. 136 aggiugnere il momento di queſt' altra forza, che tende pure a rompere la muraglia.

Dal centro di gravità M del corpo CDKL s' abbaſſa la linea a piombo MN, e ſi tira l' orizzontale BN, e chiamando il peſo di queſto corpo $= Q$,

il suo momento rispetto al punto di contrasto B sarà Q×BN, e la formola suddetta diverrà

$lp\times AB\times HB = lq\times AB\times RC\times BF + Q\times BN.$

Deesi quì osservare che, poste uguali tutte le altre circostanze, dovrà nel caso presente incurvarsi maggiormente il muro, onde cresceranno i valori di BF, BN.

CAPO II.

Determinare la figura dello spaccato, e la spessezza nei muri di cinta di una Fortezza, perchè resistano alla pressione de' terrapieni.

139. Le muraglie, che sostengono un qualche terrapieno formato con materiali trasportati, debbono avere una spessezza maggiore di quelle altre, che sono isolate; affinchè resister possano alla pressione d'essi materiali, giacchè questi tendono a rovesciarle nella banda opposta.

Per conoscere come segua la pressione delle terre trasportate, e come si misuri questa forza, convien riflettere

che, qualora si fa un mucchio di terra, d' arena, di rottami, o di altre materie minute, queste si dispongono da se in modo, che formano un piano diversamente inclinato all' orizzonte a misura, che i corpicciuoli, i quali costituiscono queste materie, o sono diversamente configurati, o acquistano fra loro tenacità, o che queste materie possono essere condensate, e attaccarsi scambievolmente.

140. Dalla sperienza si ricava che, quando s' ammucchia arena ben granita, e secca, il piano inclinato, che questa forma coll' orizzonte, fa un angolo di gradi 30 in 32, e che sono nel medesimo caso le ghiaie, ed i piccioli ciotti, allora quando hanno una figura poco diversa dalla rotonda.

La terra mescolata coll' arena minuta, che comunemente *terreno sabbioso* suol chiamarsi, forma coll' orizzonte un angolo di gradi 35 in 38. In questo caso sono pure i rottami contenuti da superficie piane, ed altre materie similmente configurate.

In quella specie di terra, che non è nè pastosa, nè arida, comunemente denominata *terra ordinaria*, l' angolo suddetto

ſuddetto rieſce di gradi 42 in 45, e creſce fino a gradi 50, ſe la terra è graſſa.

Tutte queſte pendenze ſi chiamano *naturali*, e il valore de' diviſati angoli rieſce coſtante, ognorachè le materie non ſono bagnate, nè condenſate artificioſamente; ma, ſe queſte verranno bagnate, l' angolo formato dal piano inclinato riuſcirà maggiore; avvegnachè con tal ripiego quei corpicciuoli ſtanno fra loro attaccati fino a un certo ſegno. Quanto poi alla tenacità, che naſce dalla compreſſione, non occorre cercarla nè nell' arena, nè nelle ghiaie. Queſta tenacità comincia ad eſſere ſenſibile nel terreno ſabbioſo, creſce nel terreno ordinario, ed è molto conſiderabile nel terreno graſſo, di modo che il piano inclinato forma coll' orizzonte un angolo di gradi 65 in 67.

I due limiti adunque nell' angolo, che fanno coll' orizzonte i diverſi materiali traſportati, ſono fra i gradi 30, e 65, e conſeguentemente nel primo limite ſi conſidera praticamente, che la ſcarpa ſia una volta e mezza l' altezza,

e nel ſecondo limite, ch' eſſa ſcarpa ſia la metà dell' altezza.

141. Volendo applicare il riſultamento di queſte ſperienze: ſia ACIG il taglio di un terrapieno formato con materie traſportate, le quali ſono ritenute dalla muraglia di cinta CIF, la cui facciata CI è verticale; ſe queſte materie ſaranno delle più rovinoſe, ſi farà l'orizzontale $AC = \frac{3\,CI}{2}$, e tirata la retta AI, s' oſſerverà, che le terre AIG ſono ſoſtenute interamente dal ſuolo GI, e le altre ACI ſono ritenute in queſto ſito dal muro CIF.

TAVOLA I. FIGURA 2.

Se poi il terrapieno ſarà formato colle materie più tenaci, ſi farà $BC = \frac{CI}{2}$, ed allora la parte ABIG ſarà tutta ſoſtenuta dal ſuolo IG, e la muraglia riterrà ſolamente le terre BCI in queſto ſito.

142. Da queſte premeſſe conſegue

1.° Che ſe i materiali de' due terrapieni ACI, BCI ſaranno della ſteſſa gravità ſpecifica, la quantità de' più rovinoſi, che preme contro il muro, ſtarà alla quantità de' più tenaci, come 3 : 1;

ma saranno esse quantità nella ragione composta di 3 : 1, e di quella della densità, se i materiali saranno di gravità specifica diversa.

2.° Che importa assai badare alla qualità de' materiali, che formar debbono i terrapieni, affinchè, proporzionando la spessezza del muro alla loro pressione, s' evitino i due eccessi viziosi, cioè o si abbondi soverchiamente nella grossezza, o si faccia minore del bisognevole.

3.° Che nel formare i terrapieni bisogna, finchè si può, scegliere quelle terre, che battendole acquistano maggior tenacità delle altre, poichè, oltre lo sparmio, che si farà nella spessezza del muro, queste terre ribalteranno poi anche più difficilmente, allorchè l' inimico batterà in breccia.

143. Per determinare la legge, con cui le terre premono contro un muro verticale, si consideri, che nel riparo ACIG la retta AI indichi la pendenza naturale delle terre omogenee (§. 140). Si tirino a questa diverse parallele BN, HK, e suppongasi, che lo spaccato abbia una lunghezza determinata, s'avranno TAVOLA I. FIGURA 2.

tanti prismi d' ugual lunghezza, le cui basi saranno i triangoli CHK, CBN, CAI, e quindi le solidità di questi prismi saranno nella ragion duplicata dei lati omologhi CK, CN, CI d'esse basi: e perchè le pressioni delle terre CHK, CBN, CAI contro le pareti CK, CN, CI sono proporzionali alle dette solidità, così saranno pure esse pressioni nella duplicata di CK, CN, CI. Per tanto se, presa per direttrice CI, si tireranno le ordinate rettangole KL, NM, IF, e queste si faranno nella proporzione duplicata delle corrispondenti ascisse CK, CN, CI, denoteranno esse ordinate la ragione fra le pressioni corrispondenti a ciaschedun punto dell' altezza CI, e la scala CLMF di queste pressioni sarà la parabola Appoloniana colla convessità verso la direttrice CI.

144. Se lo spaccato del muro, che contrasta le terre CAI, avesse la figura CLMFI, la sua resistenza sarebbe proporzionale alle pressioni in tutti i punti dell' altezza CI. In pratica non si costruisce giammai un muro in questa conformità, avvegnachè, fra gli altri motivi, le acque piovane, e le nevi si fer-

merebbero nella parte inferiore MF, e coll' insinuarsi nella muraglia la danneggerebbero. A fine di allontanare somigliante danno nei muri delle fortezze, se ne regola l' esterno in forma rettilinea con una scarpa, che non oltrepassa giammai la quinta parte dell' altezza. Ciò posto

Si prolunghi verso P l' orizzontale AC, e tirata FP a piombo, si faccia $PD = \frac{CI}{5}$, sarà CDFI lo spaccato di un muro, il quale avrà quella scarpa massima, che dare si suole alla magistrale di una fortezza, e sarà la sua spessezza IF comune collo spaccato CIFML; ma le altre spessezze NR, KQ supereranno maggiormente le corrispondenti NM, KL a misura, che s' allontaneranno dalla FI. Si scorge adunque, che nel muro CDFI il sito più debole per resistere alla pressione del terrapieno si trova radente il suolo IF, ove seguirà la rottura, ognorachè la pressione delle terre supererà la resistenza della muraglia.

145. La resistenza, che un muro costrutto col calcestruzzo di buona qualità oppone alla pressione del terrapieno, di-

pende dalla ſua adeſione nel ſito FI della
TAVOLA rottura, e dal peſo del ſolido CDFI,
I. FIGURA che per cauſa d' eſſa rottura vien diſgiun-
4. to dalle fondamenta FXI.

Allorchè la muraglia non ha adeſione, come ſuccede in quelle fatte a ſecco, o che per cauſa della cattiva qualità del calceſtruzzo ne ha pochiſſima, ſe la preſſione del terrapieno ne ſupera la reſiſtenza, la muraglia ſi rigonfia nella parte più baſſa FQ in modo, che, uſcendo le pietre dal loro ſito, la parte ſuperiore CDQ precipita.

Qualora poi la muraglia ha molta adeſione, allora il meccaniſmo, per cui eſſa cede, rieſce diverſo dall' anzidetto, ſtantechè la preſſione del terrapieno vincer dee l' adeſione nella ſezione di rottura FI, ed allontanare il muro CDFI dal ſito, in cui ritrovaſi. In queſte circoſtanze l' allontanamento del ſolido ſuddetto non può ſeguire ſe non ſe in due maniere, cioè o collo ſcorrere ſulla baſe FI, o coll' aggirarſi intorno il punto F, e roveſciarſi verſo B (Inſtit. Fiſico-meccan.); e ſiccome nel caſo, di cui ſi ragiona, eſigeſi forza minore per roveſciare il muro, così faremo il computo

secondo questa seconda maniera.

146. Sia Z il centro di gravità dello spaccato CDFI, in cui si consideri ZV a piombo, e sia $= l$ la lunghezza del muro, l'adesione assoluta per la sezione di rottura di un piede superficiale sia $= t$, il peso di un piede cubo di questa muraglia sia $= p$, sarà $FI \times l$ la sezione di rottura, e sarà $FI \times l \times \frac{FI}{2} \times t$ il momento dell' adesione relativa rispetto al punto F. Nel prodotto $CDFI \times l \times FV \times p$ s'avrà poi il momento del peso del muro riguardo allo stesso punto di contrasto F, e quindi la total resistenza del muro sarà espressa per $\frac{\overline{FI}^2 \times lt}{2} + CDFI \times FV \times lp$.

147. La forza, che rovescia il muro verso B, si fa pure coll'aiuto di leva CI (§. 145). Se la retta AI rappresenta la pendenza naturale delle terre (§. 140), e si chiama $= l$ la lunghezza del terrapieno, e sia $= q$ il peso di un piede cubo di queste materie, sarà $ACI \times lq$ il peso di questo prisma, il quale, essendo sostenuto in parte dal piano inclinato AI, agisce contro il muro solamente con una

ſua porzione, e conſiderando, che queſta azione ſi faccia nella direzione rettangola alla CI, e che applicata all'eſtremità C della leva CI ſia eſpreſſa dal peſo $\frac{ACI \times lq}{m}$, ſarà $\frac{ACI \times lq \times CI}{m}$ il momento della preſſione del terrapieno riſpetto allo ſteſſo punto F del contraſto.

Occorre ſovente nel coſtruire le muraglie di cinta, che lo ſpaccato GITS è terreno ſodo, onde le materie traſportate ſono contenute ſolamente nel ſito ACTS. In queſto caſo baſta dal punto T tirare la pendenza naturale TB delle terre ACTS, e in vece del triangolo ACI ſcrivere il triangolo BCT, e ſarà $\frac{BCT}{m} \times lq \times CI$ il momento della preſſione riſpetto allo ſteſſo punto F.

148. Confrontando poi il momento della preſſione (§. 147) con quello della reſiſtenza (§. 146), e ſcancellata la quantità $= l$ comune a ambedue le eſpreſſioni, ſi ha nello ſtato dell' equilibrio la ſeguente formola generale

$$\frac{ACI \times CI \times q}{m} = \frac{\overline{FI}^2}{2} \times t + CDFI \times FV \times p\,,$$

in cui il valore di *m* ſi determina ne' caſi particolari del §. 140 colla ſeguente, o con altra equivalente ſperienza. TAVOLA I. FIGURA 5.
Si fa un recipiente BDFGNMO di figura parallelepipeda rettangola aperto di ſopra, e nelle due eſtremità OMN, BFDG. Il lato FG ſarà di piedi 4 in 6, la lunghezza GN non minore del triplo di FG, e la larghezza BF ſi farà di piedi 5 in 6, affinchè lo sfregamento delle terre nelle pareti BDO, FGMN non poſſa ſminuire notabilmente l'azione di queſte contro la facciata BDGF, la quale ſi dee chiudere con un tavolato mobile intorno i due perni G, D, affinchè queſto poſſa arruotarſi facilmente, e dalla poſitura BDFG paſſare nell' altra inclinata GDRS.

Chiuſa per tanto l'eſtremità BFDG col tavolato in modo, che queſto ſia verticale, nel mezzo K della parte ſuperiore BF s' attacca una corda orizzontale KI, la quale paſſa ſopra la girella P, ed all' eſtremità Z d' eſſa corda s' attacca un peſo Q capace a tener ſaldo il tavolato nella poſitura verticale.

Diſpoſte così le coſe, s' empie il recipiente in tutta la ſua altezza con le

materie, colle quali si pensa di formare il terrapieno, e si comprimono a quel segno, che dovranno essere compresse nell' opera di fortificazione, che si vuole costruire. Ciò fatto, si sminuisce poco per volta il peso Q, finchè si scorge, che il tavolato comincia a scostarsi dal sito BF. Questo peso così sminuito sarà quello, che applicato al punto K agisce coll' aiuto della leva KL nella direzione KI perpendicolare alla medesima.

Si levi di poi il tavolato, affinchè le terre, che premono contro il medesimo, dirupino, ed acquistino la loro pendenza naturale TVDG, e si trovi il peso delle materie dirupate, se questo peso si dividerà pel peso Q, come sovra, sminuito, s' avrà nel quoziente il valore di m.

149. Per applicare con un esempio la formola generale alla pratica, a fine di determinare la spessezza FI del muro

TAVOLA I. FIGURA 6. Sia $CI = 25$ piedi, $AC = 40$ piedi, e sia risultato dalla sperienza $m = 4$, $q = 620$ libbre, sarà il momento della pressione del terrapieno per rapporto al punto I

$\frac{ACI \times CI \times q}{m} = \frac{500 \times 25 \times 620}{4} = 1937500.$

Per avere il momento della resistenza del muro, dal punto D s'abbassa la linea a piombo DK, e supposta la scarpa uguale a $\frac{CI}{5}$, sarà FK = 5 piedi, e dal centro di gravità L del triangolo cognito DKF tirata la linea a piombo LM, sarà FM = piedi $3\frac{1}{3}$.

Nel rettangolo CDKI sia la base incognita KI $= x$, la linea a piombo ZN, che passa pel centro di gravità Z di questo rettangolo, dividerà pel mezzo la base KI in N; onde sarà FI $= 5 + x$, FN $= 5 + \frac{x}{2}$, e sarà $\frac{5+x}{2}$ la distanza dal punto di contrasto F al centro d' adesione nella sezione di rottura FI; e supposto, che dalle previe sperienze sia risultata la tenacità del muro $t = 20000$ libbre, e il peso di un piede cubo d' esso muro $p = 870$ libbre, il momento dell'adesione sarà

$$\frac{\overline{FI}^2 \times t}{2} = \frac{\overline{25 + 10x + x^2}}{2} \times 20000$$

$= 250000 + 100000x + 10000x^2$, e il momento del peso espresso per CDFI × FV × p nella formola generale sarà

$$\overline{\text{CI} \times \text{KI} \times \text{FN} + \text{DK} \times \frac{\text{FK}}{2} \times \text{FM}} \times p$$

$$= \overline{25x \times \overline{5 + \frac{x}{2}} + \frac{25 \times 5}{2} \times 3\frac{1}{3}} \times 870$$

$= 108750x + 10875x^2 + 181250.$

Se tutti questi numeri si sostituiranno nella formola generale (§. 148) s'avrà, dopo d'aver corretta l'espressione, $\frac{12050}{167} = x^2 + 10x$, e quindi KI $= x =$ piedi $4\frac{6}{7}$ in circa, e conseguentemente sarà FI $=$ piedi $9\frac{6}{7}$ spessezza del muro radente il suolo FG.

Se GITS sarà terreno saldo, basterà nel momento della pressione scrivere il valore del triangolo BCT in vece del ACI. Questo caso si dee a tutto potere procurare, che abbia luogo in pratica, avvegnachè è molto economico sì per lo sparmio nel trasporto de' materiali, che formano il riparo, che per la diminuzione considerabile nella spessezza del muro.

150. Ne' divisati ragionamenti la facciata interna CI del muro è a piombo; ma perchè alcuni Ingegneri hanno pensato d'inclinarla coll'idea di far meglio, così esamineremo brevemente questa loro disposizione.

A fine d'impedire, che le acque piovane, e le nevi non si fermino sulla facciata esterna DF, alcuni hanno ideato di farla a piombo, come FK, e di praticare internamente la scarpa HI in modo, che lo spaccato FKHI sia uguale all'altro CDFI. TAVOLA I. FIGURA 1.

In questa disposizione si scorge facilmente, che la parte ACI del terrapieno, che preme contro il muro, è accresciuta dal triangolo CHI, e quindi cresce il momento della pressione, mentre sminuisce quello della resistenza, che dipende dal peso del muro, stantechè la linea a piombo, che passa pel centro di gravità dello spaccato FKHI, interseca l'orizzontale FI in un punto assai più vicino a F, di ciò succeda nell'altro spaccato CDFI.

Altri poi hanno fatto lo spaccato DFKB uguale al CDFI in modo però, che la facciata interna BK s'inclina verso il terrapieno. TAVOLA I. FIGURA 1.

Per conoſcere le modificazioni, che s' incontrano in queſta diſpoſizione, baſta dal punto K tirare KH parallela alla AI, e oſſervare, che del terrapieno BHGK il muro ne ſoſtiene ſolamente la porzione BKH minore dell'altra ACI ſoſtenuta dallo ſpaccato CDFI. Riſpetto poi alla reſiſtenza del muro DFKB, ſi vede, che il momento del ſuo peſo trovaſi qualche poco accreſciuto, perchè la linea a piombo tirata pel ſuo centro di gravità paſſa un poco più diſtante dal punto F, ma il momento dell' adeſione relativa nella ſezione di rottura FK ſminuiſce e per conto della ſezione minore, e perchè il centro dell' adeſione ſi trova più vicino al punto di contraſto F, di modo che ſul totale ſi ſcapita aſſai nella reſiſtenza; oltrechè, ſe dal punto K ſi tirerà la linea a piombo KM, ſi vedrà, che la parte BMK del muro gravita fuori della baſe KF, e conſeguentemente è contraria a quella ſodezza, che ſi dee cercare nelle fabbriche militari. Per queſti motivi non ſi uſa la ſcarpa interna, ſe non quando ſi riveſtiſce una cinta intagliata nella roccia molle, o nel tufo competentemente con-

ſiſtente, di modo che queſte materie ſoſtengono la muraglia.

151. Per determinare la preſſione delle terre, allorchè ſopra il terrapieno ACIG ſi dee fare il parapetto BHKC, baſta alla pendenza naturale AI tirare diverſe parallele NQ, BT, HV, e, preſa la linea a piombo CI per direttrice, adattare le ordinate rettangole VO, TP, QR, IF proporzionali alle corriſpondenti ſuperficie HKV, BHKT, NBHKQ, ABHKI. La linea, che paſſerà per li punti O, P, R, F, ſarà la ſcala delle preſſioni (§. 143). E poichè queſta ſcala ſerve anche a determinare la reſiſtenza del muro corriſpondente alle preſſioni (§. 144), così, ſe dal punto F ſi tirerà la linea a piombo FM, e ſi farà $LM = \frac{FM}{5}$, ſi troverà, che la ſcala OPRF è tutta compreſa nel trapezio CLFI, col quale ha comune ſolamente l' ordinata FI, e che le altre ordinate QR, TP, VO rieſcono vie più picciole delle corriſpondenti QX, TS, CL a miſura, che s' allontanano dalla IF, e quindi che la parte più debole del muro CLFI per reſiſtere alla preſſione di queſto ter-

TAVOLA I. FIGURA 9.

rapieno è pure radente il ſuolo FI.

152. Col mezzo della teoria quì avanti ſpiegata ſarà facile determinare la ſpezſezza FI della cinta nel caſo dell'antecedente paragrafo, onde baſterà oſſervare

1.° Che le materie CKL, le quali per compimento del parapetto ſopraſtano al muro, ne accreſcono la reſiſtenza col loro peſo; onde ſi dovrà eſſa reſiſtenza aggiugnere nel ſecondo membro della formola generale (§. 148).

2.° Allorchè le terre del parapetto ſono ritenute verſo l'interno da una muraglia HD, la quale s' appoggia ſulla coda degli ſperoni, la reſiſtenza della cinta CLFI trovaſi pure accreſciuta pel momento del peſo di detta muraglia riſpetto al punto di contraſto F.

153. Per due motivi ſono ſtati ideati gli ſperoni nelle muraglie di cinta. Uno di queſti tende ad aſſodare maggiormente il muro, e l' altro a ſerrare le terre del riparo, affinchè ſieno ſmottate più difficilmente dopo che la muraglia è ſtata rovinata dalle Artiglierie nemiche.

Affinchè gli ſperoni producano ambedue i diviſati effetti, d'uopo è che il muro, e le terre abbiano molta adeſione; imper-

imperciocchè, se nella muraglia manca la tenacità, facilmente si stacca dalla radice degli speroni, e nel rigonfiarsi esternamente cade in rovina, e, se le terre coll' essere pestate non possono acquistar adesione, a nulla più serve l'essere poste fra gli speroni, motivo, per cui in ambedue questi casi si dee prescindere dagli speroni, e fare il muro della spessezza, che risulterà, applicando la formola generale del §. 148, affinchè, coll'opporre maggiore spessezza agli urti delle palle, si ritardi la formazione della breccia.

154. Riuscirà poi molto vantaggioso fare gli speroni, qualora si potrà avere molta tenacità e nella muraglia, e nelle terre; giacchè senza accrescere la spesa si renderà con tal ripiego più resistente la cinta contro la pressione del riparo, e si ritarderà anche la formazione della breccia.

Per determinare gli speroni, supponga si che dall' uso della formola generale (§. 148) siasi ricavato lo spaccato CDFI colla spessezza CD di piedi 5, che si vuol ridurre alla DO di piedi 3. Nella corrispondende pianta del muro APBV si fissi la distanza AG, che si vuol TAVOLA II. FIGURA 10.

dare fra l'uno, e l'altro ſperone, e la loro ſpeſſezza $= m$. Dal punto O ſi tiri OL parallela alla CI, e ſi converta il rettangolo AHGT nello ſperone HQSR, in cui ſia HR $= m$. Nella ſteſſa maniera ſi converta il rettangolo GTXE nello ſperone TyZZ, e ſi proſeguiſca a così fare in tutta la pianta della cinta, che in tal guiſa operando ſi troverà, che il momento degli ſperoni riſpetto al punto F accreſce la reſiſtenza della cinta, e le terre fortemente ſerrate fra queſti premono la cinta con minor efficacia.

Si tralaſcia di eſaminare le figure diverſe dalla parallelepipeda, che da parecchi Architetti ſono ſtate ideate per gli ſperoni, col penſiere di accreſcere la reſiſtenza della cinta, e la difficoltà di ſmottare le terre, avvegnachè per mezzo delle coſe dette ſarà facile diſtinguere i vantaggi, e gl'inconvenienti, che s'incontrano in tali diverſità.

CAPO III.

Degli Effetti, che le palle da cannone producono nella cinta di una Fortezza.

155. Nella prima parte del libro terzo abbiamo stabilito per massima invariabile che, se nel costruire una fortezza non si potranno ottenere ambedue le condizioni essenziali a un sito forte, si cercherà a tutto potere di migliorare nella prima condizione, con scapitamento eziandio della seconda, e abbiamo fatto osservare, che una delle maniere per conseguire la prima condizione consiste nel fare la cinta impenetrabile agli urti delle Artiglierie.

L'impenetrabilità, che imprendiamo a esaminare, è di due specie, cioè assoluta, e relativa, chiamando assoluta quella, che s'incontra in una cinta intagliata nel sasso duro, e relativa, allorchè la qualità della muraglia è talmente combinata colla spessezza sua, che basta per resistere ai tiri fatti da certe limitate distanze, come occorre, allorchè per causa di un qualche fiume, di un lago, di una palude, di un burrone,

precipizio, o altro impedimento non può l' aſſalitore collocare le ſue Artiglierie in quella vicinanza, che ſarebbe neceſſario per formare brecce mature.

156. I cannoni del maggior calibro, che nell'Artiglieria di terra s' adoperano per eſpugnare le fortezze, ſono da libbre 32. La velocità iniziale delle palle di queſti, allorchè ſono cacciate dalla carica ordinaria di fazione, è di piedi 800 circa, e qualora s' adopera la carica, che ſomminiſtra il tiro maſſimo, ſi trova, che la velocità iniziale è di piedi 900 al più, ma che, uſando queſta carica, ſi ſcapita nell' eſattezza de' tiri per cauſa del grande ſcuotimento, cui ſoggiace il pezzo nell' atto dello ſparo, inconveniente, che non s' incontra colla carica ordinaria, allorchè il pezzo è proporzionato con tutti i dovuti riguardi. Per queſto motivo le diviſate cariche più gagliarde non ſi uſano ſe non quando ſi batte in breccia talmente da vicino, che lo ſcapito nell' eſattezza de' tiri non può ritardare la formazione della breccia.

157. Dalla teoria ſpiegata nelle Inſtituzioni Fiſico-meccaniche, e dalla

ſperienza ſi deduce coſtantemente, che la velocità delle palle cacciate dai cannoni è ſminuita conſiderabilmente dalla reſiſtenza dell' aria, di modo che, ſe queſto proietto ſcorrerà un lungo ſpazio ſenza incontrare altri oſtacoli, giugnerà a ſegno di perdere affatto il movimento dell' impulſione. Allorchè ſi ſpara un pezzo coll' elevazione di gradi 45, e colla carica, che comunica alla palla la velocità iniziale di piedi 900, ſi trova, che l' ampiezza orizzontale del tiro è di piedi 8400 al più, mentre eſſer dovrebbe di piedi 42632, ſe l' aria non reſiſteſſe al movimento della palla. Nel fare il diviſato ſparo s' oſſerva pure, che il movimento dell' impulſione non è ancora del tutto diſtrutto, poichè l' angolo d' incidenza d' eſſa palla nel piano orizzontale ſi trova eſſere di gradi 70 in 75, in vece che, ſe il detto movimento foſſe interamente diſtrutto, dovrebbe l' angolo ſuddetto eſſere retto, e riuſcirebbe ſemiretto, ſe l' aria non reſiſteſſe (Baliſtica).

158. Dimostrato abbiamo nell' Idrostatica dal §. 456 fino al 462, che la resistenza dell' aria contro le palle cacciate dalle arme da fuoco con una velocità iniziale maggiore di piedi 800 riesce difforme in modo tale, che, essendo considerabilissima in principio del movimento della palla, riesce poi di pochissimo riguardo essa resistenza, allorchè la velocità restante è molto picciola.

Col sostituire i numeri nella formola del §. 458 dell' Idrostatica si trova, che una palla da libbre 32 cacciata colla velocità iniziale di piedi 900 incontra nell' aria una resistenza di libbre 1378, e che, quando la velocità restante è ridotta a piedi 450, la resistenza dell' aria nella stessa palla è solamente di libbre
TAVOLA II. FIGURA 11. 202. Da ciò si scorge facilmente che, se AB rappresenta la direzione, in cui si spara il pezzo dal sito A verso B, e che su questa retta si descrive la scala DFGNO delle velocità restanti LF, KG, MN sulli spazi scorsi AL, AK, AM nel moto d' impulsione, la curva s' accosta in principio assai più alla direttrice di quello succeda a misura, che s' avanza verso B.

159. Supposto per tanto, che si spari il pezzo da ll. 32 colla massima carica di fazione, che questo sia nello stesso orizzonte, in cui trovasi la cinta battuta di una fortezza, e che questa cinta abbia $\frac{1}{5}$ di scarpa, la velocità composta, con cui la palla cacciata da diverse distanze urterà direttamente il bersaglio, si potrà considerare in pratica a un di presso come segue

			Velocità composta nell'urto diretto.
Vicino alla bocca del pezzo.		Piedi	900
Alle seguenti distanze dal bersaglio misurate in piedi	AL	600	785
	AK	1200	680
	AM	1800	576
	AP	2400	484
	AQ	3000	400
	AR	3600	324

Se col mezzo di una sperienza s'arriverà a conoscere quale sia la velocità della palla da libbre 32, che comincia a superare la consistenza cognita di un muro, si potrà con questa tavola deter-

minare la velocità necessaria per distruggere un altro muro diverso di nota consistenza, e quindi individuare anche i casi, ne' quali la cinta, che si vuol costruire, potrà riuscire impenetrabile agli urti delle Artiglierie. Suppongasi per esempio, che contro un muro di cognita consistenza, e alla distanza AL di piedi 600 siasi sparato un cannone da ll. 32 colla carica, che somministra la velocità iniziale di piedi 900, e che la palla siasi inoltrata nel muro alla profondità di un diametro, e si voglia sapere se alla distanza AM di piedi 1800 un altro muro di qualità diversa riuscirà impenetrabile. Con qualche congrua sperienza s'esplori la consistenza di questo secondo muro, servendosi per ciò degl' indirizzi dati nelle Instituzioni Fisico-meccaniche, ed ove si trovi, che questo muro è ugualmente tenace, e duro del primo, si conchiuderà, ch'egli è impenetrabile alla distanza di piedi 1800; ma se le consistenze dei due muri saranno in ragion duplicata delle velocità 785, 576, si dirà, che anche il secondo muro sarà penetrato dalle palle da libbre 32 cacciate dalla distanza AM colla massima

càrica. (Inftit. Fifico-meccaniche §. 374).

160. Per chiarire maggiormente il meccanifmo, di cui fi tratta, convien rammentare alcuni principj addotti nella Dinamica, cioè che un corpo, nel collidere un altro, tende a fcuoterlo, a feffurarlo, ed a penetrarlo, e che lo fcuotimento ha fempre luogo, qualunque fia la maffa del corpo collifo, nòn incontrandofi altro divario in quefto, fe non fe nella quantità della fcoffa, la quale ne' corpi duri abbiamo efpreffo per $\frac{mu}{m+n}$, additando m la maffa del collidente, u la fua velocità, ed n la maffa del corpo collifo, e che, quanto al feffurarfi del corpo collifo, o all'effere penetrato dal collidente, non fuccedono tali mutazioni, fe non quando la forza dell' urto $= mu$ fupera nel corpo collifo quella refiftenza, che nafce dall' effere le particelle coftituenti il corpo faldamente fra loro unite, e che, qualunque volta la forza $= mu$ è minore di quefta refiftenza, più non fuccede cambiamento alcuno nel corpo collifo.

161. Dalla fperienza fi ricava che, qualora la cinta di una fortezza è inta-

gliata nella roccia viva, e dura, gli urti i più violenti non possono penetrarla, nè fessurarla, riducendosi il loro effetto a produrre alcuni minuzzami nel sito della collisione, e che, qualora la cinta è fatta con muraglia, bastano questi urti a distruggerla col fessurarla, o col penetrarla, o col produrre ambedue questi effetti nel medesimo tempo.

Se noi sapessimo fabbricare muraglie di una tenacità, e durezza tale, che resistesse ai divisati urti, escluderessimo con tal mezzo la formazione delle brecce; ma perchè l' arte non è ancor giunta a formare questa durezza, così le muraglie della miglior bontà, che fin' ora sono state fatte, non riescono impenetrabili, se non quando le Artiglierie nemiche sono per necessità situate in distanza tale, che la forza dell' urto trovasi considerabilmente sminuita (§. 159).

162. Le muraglie di cinta, che si costruiscono nel Piemonte, e nella Lombardia, si possono in pratica ridurre a tre qualità diverse, e chiamare di prima bontà quelle, che sono costrutte con pietre dure, e con un calcestruzzo, che produce un' adesione, che molto s' ap-

prossima a quella delle pietre; di seconda qualità diremo quelle altre, che si fanno con mattoni mezzanella, o con altre pietre d'equivalente resistenza, e con un calcestruzzo, che produce tenacità poco inferiore a quella de' mattoni: e saranno di terza qualità quelle altre muraglie, in cui l'adesione del calcestruzzo è molto inferiore a quella de' mentovati mattoni, non badando poi, se queste muraglie sono costrutte con pietre dure, o molli.

163. I muri della prima qualità partecipano assai delle proprietà de' corpi duri, poichè, qualora sono battuti dai tiri più violenti, resistono ai primi spari, come se la cinta fosse intagliata nel sasso duro; ma, se si continua a battere, cedono dopo un numero considerabile di tiri, e specialmente allora quando si accresce lo scuotimento nel muro collo sparare molti cannoni insieme.

Se poi questa stessa muraglia verrà battuta alla distanza di piedi 1800, si troverà, che la forza dell'urto più non basta a superarne la durezza, e la tenacità, e che la difficoltà di colpire nel segno preso di mira rende poi anche

vano lo ſparare molti pezzi inſieme.

Allorchè s' eſamina il modo, con cui ſuccede la rovina di queſti muri, ſi trova che, quantunque il calceſtruzzo abbia acquiſtata una tenacità, che molto s' approſſima a quella delle pietre, nulladimeno il loro ſcambievole legamento non corriſponde alla tenacità del calceſtruzzo, veriſimilmente perchè il contatto fra queſto, e le pietre è parziale: da quì avviene, che le pietre colliſe ſi ſconnettono, e ſe, dopo che trovanſi così slegate, ſono di nuovo percoſſe, più non propagano nelle parti vicine la ſteſſa quantità di movimento, che prima diffondevano in tutto il muro, allorchè queſto formava ancora un continuo; onde vengono poi facilmente ſpezzate, e ſtritolate ne' ſucceſſivi urti, e togliendoſi con ciò l' appoggio alle altre pietre ſituate ſuperiormente, precipitano poi anche queſte in pochi ſpari.

Della maggior facilità, con cui le pietre così diſgiunte cedono alla forza de' ſucceſſivi urti, ſe ne può avere un riſcontro familiare col percuotere un gran ſaſſo con un peſante martello di ferro; avvegnachè s' incontra una gran diffi-

coltà per disgiugnerne un qualche pezzo, perchè lo scuotimento della percossa si diffonde in tutto il sasso: ma se, dopo d'averne staccata una porzione, questa si colloca sul rimanente sasso, e si percuote come prima, succede, che tal porzione si spezza, e si stritola facilmente, mentre il sottoposto sasso, che forma contrasto alla forza dell' urto, rimane saldo, ed illeso. Una bomba, che percuote immediatamente il dorso di una volta soda, comunica una grande scossa alla fabbrica, mentre produce pochissimi minuzzami nel sito dell' urto; ma se sopra la volta si porranno rottami di qualche muro distrutto, la scossa nella fabbrica riuscirà di pochissimo riguardo, mentre i rottami percossi saranno stritolati minutissimamente.

164. Le muraglie della seconda qualità partecipano assai più della natura de' corpi molli, che di quella de' corpi duri; imperciocchè, quando sono battute dalle palle da libbre 32, che si movono colla velocità di piedi 900, sono penetrate per l'estensione d'alcuni diametri della palla, la quale nel tempo stesso stritola le materie, che incontra nel suo cam-

mino, e collo ſcuotere fortemente il muro vi produce anche feſſure, di maniera che in pochi giorni queſto cade in rovina; ma ſe le ſteſſe palle ſono cacciate colla mentovata velocità dalla diſtanza di piedi 2400, la loro penetrazione nella muraglia è di poca conſeguenza, e lo ſcuotimento, che eccitano nel muro, non baſta a produrre feſſure; oltrechè ſomiglianti ſpari fatti dalla detta diſtanza colpiſcono difficilmente nel ſegno preſo di mira (§. 156). Per queſti motivi ſi conſidera, che l'aſſalitore non poſſa formare brecce mature in queſti muri, ognivoltachè non trova ſito per collocare le ſue batterie in maggior vicinanza di piedi 2400.

165. La cinta coſtrutta con muraglie di terza qualità cede facilmente non ſolo perchè è penetrata dagli urti violenti, ma ſpecialmente, perchè le pietre ſi ſcollegano facilmente, atteſa la poca adeſione del calceſtruzzo. Dalla facilità, con cui le pietre ſi ſcollegano, avviene, che queſti muri ſono rovinati alla diſtanza di piedi 2400, e ſe ſi conſidera, che i medeſimi vadano eſenti dalle brecce, allorchè non poſſono eſſere bat-

tuti più da vicino di piedi 3000 , ciò avviene per la gran difficoltà , che in questa distanza s'incontra di colpire non solo nello stesso sito , come sarebbe necessario , per agevolarne la rovina , ma più particolarmente , perchè la maggior parte de' tiri va a voto , allorchè la cinta non è molto alta.

166. Occorre non di raro , che nel costruire una fortezza in vicinanza di una gran ripa , di un burrone, di un fiume, o sopra qualche altezza sia necessario per alcun rilevante motivo di fabbricare una parte della sua cinta magistrale in un sito interamente scoperto, ed esposto alle batterie nemiche. In simili circostanze importa sommamente l'esaminare, se coi materiali, che s' incontrano nel paese , in cui si fabbrica , si può ottenere una muraglia di qualità tale , che combinata colla distanza, in cui l'assalitore può collocare le sue batterie , somministri la cinta impenetrabile agli spari nemici , nel qual caso fa di mestiere porre ogni cura nel manipolare i materiali, e nel metterli in opera con tutti i riguardi ; e sarà cosa ottima , se per maggiormente prevenire le fessure , e

qualunque altra disgiunzione, che nascer potesse negli urti delle palle nemiche, si accrescerà la grossezza del muro di là delle misure, che risultano dai §. 148, 149, e si prescinderà dagli speroni (§. 153).

Se oltre questi provvedimenti si disporrà la cinta in modo, che non possa essere battuta dai tiri diretti, col fabbricarla a tal fine obbliquamente ai siti, ne' quali l'assalitore può collocare le sue Artiglierie, o col darle una curvatura, per cui le palle sdrucciolino facilmente, o col munirne la facciata con grosse pietre dure configurate a punta di diamante, come osservasi nelle torri del castello di Milano, se ne assicurerà con ciò maggiormente l'impenetrabilità; ma se, non ostante questi provvedimenti, s' avrà motivo fondato a credere, che per causa del clima, o per la qualità de' materiali non possa il muro acquistare quella consistenza, che si conviene per non essere rovinato, si procurerà di praticare da quella banda qualcheduno di quegli altri ripieghi, i quali nella prima parte del libro 3.° abbiamo osservato, che somministrano l'inaccessibilità permanente in una fortezza.

167.

167. Affatto diverſo dal fin quì detto eſſer dee il regolamento da praticarſi in quelle muraglie di cinta, cui l' aſſalitore ſi può accoſtare a piacimento, e colle Artiglierie produrvi in pochi giorni brecce mature. Il pretendere di ritardare la rovina di queſti muri coll' accreſcerne la ſpeſſezza è un ripiego, che coſta molto, e produce poco frutto. In queſte circoſtanze il partito più vantaggioſo da appigliarſi conſiſte nel regolare la groſſezza del muro a tenore del (§. 154), e nel formare i terrapieni coi materiali molto tenaci, e la ſpeſa, che ſi farebbe nella maggior ſpeſſezza del muro, s'impiegherà nella coſtruzione di qualche opera giudicioſamente diſpoſta, e ſpecialmente nel contramminare con diſcernimento le parti ſoggette a eſſere battute in breccia, ed i loro foſſi, giacchè con queſto ripiego ſi prolunga aſſai più la reſa della Piazza, e ſi cagiona incomparabili danni all' aſſalitore.

Se queſte rifleſſioni baſtano per non accreſcere ſoverchiamente la ſpeſſezza del muro in que' ſiti, ne' quali l'inimico ſuole aprire la breccia, a maggior ragione dovrà ſchivarſi l' eceſſiva groſſezza in

quelle altre parti della cinta, che soggette non sono a essere battute in breccia.

CAPO IV.

Dell'Equilibrio frà la spinta della volta, e la resistenza de' suoi piè dritti.

168. Avendo già premesso nel libro 1.° di quest' Architettura le notizie elementari intorno le fabbriche a resistenza di bomba, basterà trattare in questo capo della teoria, per cui si determina l'equilibrio tra la spinta della volta, e la resistenza de' suoi piè dritti, e addurre nel capo seguente le riflessioni per rendere impenetrabili all' urto delle bombe le volte degli alloggi, e magazzini senza accrescerne soverchiamente le spessezze: e siccome fra le diverse specie di volta quelle a botte semicircolari, o pure ellittiche col grand' asse verticale sono le più sode per resistere all' urto suddetto, e le più convenienti nelle fabbriche militari, così di queste intenderemo sempre parlare, fuorchè si avvisi altrimenti.

169. La figura 12 rappresenta il taglio di una fabbrica, che ha la volta

a botte semicircolare RBSIFK costrutta a norma degl' indirizzi precedentemente dati, cioè co' suoi cunei spuntati diretti verso il centro C. Questa volta è sostenuta dai piè dritti ADNP, HLGM, ed è rinfiancata fino in G, ed N di maniera tale, che ciascuno degli archi contrastati RN, SG non è minore della metà del quadrante BR. Allorchè colla scorta de' precedenti insegnamenti si esamina il meccanismo di questa fabbrica, si scorge facilmente TAVOLA II. FIGURA 12.

1.° Che le parti KRN, ISG della volta gravitano a piombo su i piè dritti, e che la rimanente porzione KNBGIF tende col suo peso a cascare sul suolo MTP.

2.° Che la divisata porzione KNBGIF non può cascare senza che si stacchi dai piè dritti, e quindi senza che si produchino almeno due sezioni di rottura, le quali, dovendo nei solidi omogenei riuscire le minime, saranno perpendicolari alla curva KFI, e si manifesteranno solamente nella porzione GBN della volta.

3.° Che, atteso il modo, con cui la volta è costrutta, e la direzione, nella quale si producono le sezioni di

rottura, non può la porzione GBN cascare, nè altrimenti abbassarsi, senza che le sommità D, L de' piè dritti s'allontanino fra essi coll' inclinarsi verso X, ed aggirarsi intorno i punti di contrasto A, H, ognorachè queste muraglie sono saldamente abbarbicate nel suolo, e costrutte col calcestruzzo, che acquista molta adesione.

170. I fenomeni, che si manifestano nel fessurarsi quelle volte, che colla loro spinta superano la resistenza de'piè dritti, concordano coll' esposto nel precedente paragrafo. Questi fenomeni sono già stati considerati in vari casi da valenti Architetti, i quali hanno notato, che la distanza dalla serraglia B ai siti delle rotture Z, y non è costante in tutte le volte circolari, ma che si manifesta fra due limiti tali, che gli archi FQ, FV compresi tra la sommità F della volta, e le rotture Q, V sono fra i gradi 24, e 32.

Da varie osservazioni, che ho avuto campo di fare intorno parecchi archi, e alcune volte semicircolari, che colle loro fessure minacciavano rovina nelle fabbriche isolate, mi è risultato

1.° Che i piè dritti AD, HL erano inclinati esternamente verso X di maniera, che le loro sommità D, L s'erano aggirate intorno i punti A, H radente il suolo.

2.° Che nella sommità F della volta s'era formata una fessura, la quale issminuiva andando all' insù verso B, e che, qualora questa fessura era considerabile, se ne vedevano due altre esterne nei siti Z, y, le quali s'inoltravano verso l'interno Q, V, ove apparivano pure delle disgiunzioni, ma però minori delle dette fessure esterne.

3.° Che gli archi FQ, FV erano appunto fra li divisati limiti di gradi 24, e 32.

171. Dalle addotte premesse (§. 169, 170) consegue, che la spinta della volta è cagionata soltanto dal peso delle due porzioni ZBFQ, yBFV limitate dagli archi FQ, FV di gradi 24 in 32 ciascuno, e che ciascheduna di queste porzioni agisce a guisa di cuneo spuntato contro la corrispondente fabbrica ZNDAPKQ, yGLHMIV per rovesciarla, e farla arruotare intorno un punto fisso radente il suolo come A, H. A fine

per tanto di confiderare nello ftato dell' equilibrio la fpinta del cuneo ZBFQ, e la refiftenza della fabbrica ZNDAPKQ, fi rifletta, che quefta refiftenza dipende dal pefo delle materie, che la coftituifcono, e dall' adefione della muraglia nei fiti ZQ, PA, ne' quali feguir debbono le rotture. Per maggior femplicità noi tralafceremo di comprendere nella detta refiftenza l'adefione della rottura ZQ, tanto più, che tale omiffione afficura maggiormente la pratica.

Per avere il momento dell'adefione nella rottura PA, fi chiami la tenacità della muraglia $= t$, la lunghezza di quefta muraglia $= l$, farà $PA \times l$ la fezione di rottura, e farà $PA \times l \times \frac{PA}{2}$ il momento di queft' adefione rifpetto al punto A.

Per determinare il momento, che dipende dal pefo, fi trovi il centro di gravità g del rettangolo APND, ed il centro di gravità m del miftilineo KNZQ, e tirate le linee a piombo gh, mn, faranno le orizzontali Ah, An le lunghezze delle leve rifpetto al punto A, e chiamando il pefo di un piede cubo della

muraglia $= p$, ſarà $ZNKQ \times lp \times An + APND \times lp \times Ah$ il momento del peſo, e quindi la total reſiſtenza della fabbrica ZNDAPKQ ſarà eſpreſſa da

$$\frac{\overline{PA}^{2} \times lt}{2} + ZNKQ \times lp \times An + APND \times lp \times Ah.$$

Per avere il momento della ſpinta, ſi chiami, come prima, il peſo di un piede cubo della volta $= p$, la lunghezza d' eſſa volta $= l$, ſarà $ZBFQ \times lp$ il peſo del cuneo ſpuntato ZBFQ. Se dal punto Z ſi tira ZB normale alla linea a piombo CB, s' avrà per la Statica, che BZ ſtà a CZ come l' azione prodotta dal peſo $ZBFQ \times lp$ ſtà all' azione, che lo ſteſſo cuneo eſercita nel ſito Q contro la fabbrica ZNDAPKQ: perocchè $\frac{CZ}{BZ} \times ZBFQ \times lp$ eſprimerà queſt' azione, la quale eſſendo moltiplicata per AE lunghezza della leva perpendicolare alla tangente QE, giacchè queſta tangente eſprime la direzione, in cui ſi fa la ſpinta, s' avrà il prodotto

$\frac{CZ}{BZ} \times ZBFQ \times lp \times AE$ pel momento d' eſſa ſpinta relativamente al punto di

contrasto A. Confrontando per tanto i due momenti, si ha $\frac{\overline{PA}^2 \times lt}{2}$ + ZNKQ $\times lp \times An + APND \times lp \times Ah = \frac{CZ}{ZB} \times ZBFQ \times lp \times AE$, e dividendo l'equazione per lp, s'ottiene $\frac{\overline{PA}^2 \times t}{2p} + ZNKQ \times An + APND \times Ah = \frac{CZ}{ZB} \times ZBFQ \times AE$, formola per l'equilibrio fra la spinta della volta, e la resistenza del piè dritto.

172. Per applicare alla pratica la formola $\frac{\overline{PA}^2 \times t}{2p} + ZNKQ \times An + APND \times Ah = \frac{CZ}{BZ} \times ZBFQ \times AE$ si rifletta, che l'altezza TF della fabbrica, il vano KI della volta, la sua spessezza FB, e l'altezza AD de' piè dritti sono i dati del problema, e che essendo arbitrario di prendere il punto Q distante da F fra i limiti di gradi 24 e 32 (§. 170), si fanno con ciò note le superficie ZBFQ, ZNKQ, ed il centro di gravità m di questa, e che tirando dal punto Q la QO perpendicolare alla AD prolungata,

se sia di bisogno, sono pure cogniti i tre lati del triangolo Qqr, e si vede pure che questo triangolo è simile all' AEd, onde le due incognite sono la spessezza PA del muro, e la lunghezza AE della leva, la quale se si farà dipendere dall' altra incognita PA, l'equazione ne conterrà una sola.

Ciò premesso, sia $AD = PN = a$, $Pn = b$, $PA = DN = x$, sarà $Ah = \frac{x}{2}$, $An = x + b$. Sostituiscansi questi valori algebraici nel primo membro della formola, e s'avrà

$$\frac{f}{2p} \times x^2 + ZNKQ \times \overline{x + b} + \frac{ax^2}{2}.$$

Per esprimere algebraicamente il valore del secondo membro, si chiami $AO = c$, $Qq = e$, $qr = f$, $Qr = g$, sarà $QO = e + x$; onde nei triangoli simili Qqr, QOd s' avrà $e : f :: e + x : \frac{ef + fx}{e} = Od$, e quindi $Ad = AO - Od = c - \frac{ef - fx}{e}$. Dai triangoli simili Qqr, AEd si ricava $g : e :: c - \frac{ef - fx}{e} : \frac{ce - ef - fx}{g} = AE$. E però, sostituendo questo va-

lore di AE. nel secondo membro della formola, s'avrà $\frac{CZ}{BZ} \times ZBFQ \times \frac{\overline{ce-ef-fx}}{g}$.

Per esemplificare, sia l'arco FQ di gradi 30, sarà $\frac{CZ}{BZ} = 2$; suppongasi AD = AO = a = piedi 18, CK = CF = piedi 6, FB = piedi 2, sarà Pn = b = piedi 1 . 3 (usandosi quì i rotti decimali per maggior facilità del calcolo) la superficie ZNKQ = piedi 9 . 46, e supposta la tenacità del muro per un piede superficiale di libbre 20000 = t, ed il peso di un piede cubo della muraglia = p = libbre 900, sarà il primo membro della formola $11 . 11x^2 + 9 . 46 \times \overline{x+1 . 3} + 9x^2$, o sia $20 . 11x^2 + 9 . 46x + 12 . 298$.

Nel secondo membro sarà la superficie ZBFQ = piedi 7 . 33, e = piedi 3, f = 1 . 73, g = 3 . 46; ed essendosi già supposto $c = a$ = piedi 18; col sostituire tutti questi numeri, ed il valore di $\frac{CZ}{BZ} = 2$ nel secondo membro, s'avrà

$$2 \times 7 \cdot 33 \times \frac{\overline{54 - 5 \cdot 19 - 1 \cdot 73x}}{3 \cdot 46}$$

$= 203 . 886 - \mathit{s} . 49x$, e confrontando i due membri, s'avrà l' equazione $20 . 11x^2 + 9 . 46x + 12 . 298 = 203 . 886 - \mathit{s} . 49x$, dalla quale si ricava $PA = x$ = piedi 2 . 85 per la spessezza del piè dritto.

Se poi non si vorrà far conto della tenacità del muro, converrà scancellare nel primo membro il termine $\frac{tx^2}{2p} = 11 . 11x^2$, e s' avrà l' equazione $9x^2 + 9 . 46x + 12 . 298 = 203 . 886 - \mathit{s} . 49x$, dalla quale si ricava $PA = x$ = piedi 4 . 09 per la spessezza del piè dritto.

173. Dalla considerazione della formola (§. 171) $\overline{PA}^2 \times \frac{t}{2p} + ZNKQ \times An + APND \times Ah = \frac{CZ}{BZ} \times ZBFQ \times AE$, e dalla sua applicazione alla pratica (§. 172) si deducono le seguenti conseguenze

1.ª Che la resistenza de' piè dritti si può accrescere in tre maniere, cioè

col costruire una muraglia, che acquisti maggior adesione, o coll' accrescere i materiali nel piè dritto, o col combinare insieme queste due maniere.

2.ª Che s' incontra un gran divario nella spessezza de' piè dritti a misura, che la tenacità della muraglia riesce considerabilmente diversa.

3.ª Che se nell'accrescere i materiali nel piè dritto, ciò si farà coll' alzarlo maggiormente, come D*Nf*, l' aumento della resistenza dipenderà unicamente dal peso accresciuto; ma, se il muro si farà più grosso per la quantità AD*ua* = DN*f*, s' avrà con tal ripiego maggior resistenza e per causa del nuovo peso, e perchè le lunghezze delle leve corrispondenti ai centri di gravità *g*, *m*, e di adesione *h* crescono, facendosi anche maggiore la sezione di rottura P*a*.

4.ª Se poi il rettangolo AD*ua* si convertirà nel triangolo eguale AD*b*, di modo che lo spaccato della fabbrica, che resiste alla spinta, sia ZND*b*PKQ, si accresceranno pure con tal ripiego tutti i termini del primo membro esprimenti il momento della resistenza.

5.ª Quanto alla ſpinta della volta ſi vede pure, che coll'ingroſſare il piè dritto verſo *b*, ſi ſminuiſce il momento d'eſſa ſpinta, giacchè in vece della leva AE, ſi dovrà nel ſecondo membro della formola ſcrivere l'altra minore *be*.

6.ª Che la ſuperficie ZBFQ ſminuiſce a miſura, che il punto Q ſi piglia più vicino ad F, ma che nel tempo ſteſſo creſce il valore di $\frac{CZ}{BZ}$, e la lunghezza della leva AE in maniera tale, che il prodotto $\frac{CZ}{BZ} \times AE$ creſce in una proporzione maggiore di ciò ſia lo ſminuimento della detta ſuperficie, e quindi creſce la ſpinta, il quale accreſcimento è poi compenſato in parte dalla maggior reſiſtenza del termine ZNKQ×A*n* del primo membro, il cui valore creſce pure e per cauſa della ſuperficie ZNKQ, e per cauſa della maggior lunghezza della leva A*n*. Per queſti motivi ſi ſuole in pratica prendere l'arco QF di gradi 30, e per compenſare il picciol eccesso della ſpinta, che nell'arco di gradi 24 ſi ha ſu quello di gradi 30, ſi uſa nella formola la leva più lunga PW,

la quale, essendo sempre cognita, abbrevia considerabilmente il calcolo nell' esprimere la spinta della volta, e cautela abbondantemente la pratica senza fare spese eccessive.

174. Nel costruire la formola (§. 171) si è considerato, che i piè dritti siano senza vani, come si pratica nel fare i magazzini a polvere rappresentati nella figura 70 del libro primo della nostra Architettura militare; ma se vi si dovranno fare porte, e finestre, come occorre nei quartieri isolati in detto primo libro descritti, siccome in questo caso la resistenza prodotta dalla muraglia ADNP sminuisce e per conto dell' adesione nel sito della rottura, che si produce radente il suolo, e per conto del peso, giacchè la medesima per causa de' divisati vani si trova ridotta in parecchi pilastri, così nel primo membro della formola (§. 172) $\frac{sx^2}{2p} + \text{ZNKQ} \times \overline{x+b} + \frac{ax^2}{2} = \frac{CZ}{BZ} \times \text{ZBFQ} \times \frac{\overline{ce - ef - fx}}{g}$ converrà modificare il termine $\frac{sx^2}{2p}$, che

ſi compete all' adeſione ſuddetta, ed il termine $\frac{ax^2}{2}$, che corriſponde al peſo d' eſſa muraglia.

A tal fine ſi rifletta, che la ſezione di rottura radente il ſuolo di tutta la muraglia maſſiccia ſi eſprime per $PA \times l$; ſi miſuri la ſuperficie orizzontale formata da tutti i vani delle porte, e fineſtre del piano terreno, e queſta ſuperficie ſi ſottri dalla $PA \times l$; ſe l'avanzo ſia $PA \times i$, ſi ſminuirà il valore della tenacità $= t$ nella ragione di $l : i$, e quindi il termine $\frac{tx^2}{2p}$ verrà eſpreſſo per $\frac{itx^2}{2lp}$. Nella ſteſſa maniera ſi trovi la ſolidità dei vani formati dalle porte, e fineſtre, e queſta ſi ſottri dalla muraglia maſſiccia eſpreſſa per $PA \times al$, e ſuppoſto che l'avanzo ſia eſpreſſo per $PA \times ml$, ſi ſminuiſca il valore dell' altezza $AD = a$ nella ragione $a : m$, e s' avrà in vece di $\frac{ax^2}{2}$ il termine $\frac{mx^2}{2}$; perciò nel caſo preſente la formola generale del §. 172 ſarà modificata come ſegue

$$\frac{itx^2}{2lp} + \text{ZNKQ} \times \overline{x+b} + \frac{mx^2}{2} = \frac{CZ}{BZ} \times \text{ZBFQ} \times \frac{\overline{ce-ef-fx}}{g}.$$

Per esemplificare sia, come prima (§. 172), l'arco FQ di gradi 30, sarà $\frac{CZ}{BZ} = 2$, e sia CK = CF = piedi 6, FB = piedi 8, b = piedi 1 . 3, ZNKQ = piedi 9 . 46, ZBFQ = piedi 7 . 33, e = piedi 3, f = 1 . 73, g = 3 . 46, c = piedi 18, e supposto che nel pigliare le divisate misure sia risultato $\frac{i}{l} = \frac{3}{5}$, $m = 12$, se nella fabbrica continuerà ad essere t = libbre 20000, p = 900, col sostituire questi dati nella formola, s'avrà

$$\frac{3}{5} \times \frac{20000x^2}{2 \times 900} + 9 . 46 \times \overline{x+1.3} + \frac{12x^2}{2} = 2 \times 7 . 33 \times \frac{\overline{54 - 5.9 - 1.73x}}{3 . 46}$$

dalla quale si ricava per la spessezza PA della muraglia x = piedi 3 . 53, allorchè si mette in conto la tenacità della muraglia, e qualora se ne prescinde, e quindi

quindi si scancella il primo termine dal primo membro, si ha $x =$ piedi 4 . 88.

Importa quì notare, che nel costruire queste fabbriche d'uopo è fare un arco molto sodo sopra ciascun vano per impostarvi la volta, affinchè il peso di questa agisca sulle due porzioni del muro, sulle quali s' appoggia l'arco suddetto.

175. Gli speroni RST, che s'adattano esternamente a una qualche fabbrica isolata ABDKG, servono per accrescere la resistenza de' piè dritti. Allorchè col mezzo degli speroni si cerca di equilibrare la resistenza de' piè dritti colla volta, d'uopo è usare questo ripiego coi seguenti riguardi. TAVOLA II. FIGURA 11.

1.° La tenacità del muro esser dee considerabile, affinchè questo non ceda nell' intervallo, che si trova fra uno sperone, e l'altro.

2.° La spessezza RS di ciascun sperone si regolerà in modo, che abbia una conveniente proporzione colla lunghezza RT, affinchè il medesimo riesca inflessibile per ogni verso.

3.° Se in vece di fare a piombo l'esterno VY dello sperone si farà con

$\frac{1}{5}$ di fcarpa, come XX, fenza fminuirne la quantità della materia, fe ne accrefcerà con quefto ripiego maggiormente la refiftenza (§. 173 n. 4).

4.° Gli fperoni fi potranno collocare alquanto diftanti dai fiti B, D, K, G, ftantechè le muraglie di tefta BLMG, DONK vincolano le eftremità delle altre due ABCD, FGHK, che foftengono la volta.

Avendo per tanto prefenti quefti riguardi, fi cercherà per mezzo della formola la fpeffezza CZ = PE, che fi compete alla muraglia PEIy per refiftere alla fpinta della volta, e fuppofto, che fi defideri fra tre fperoni da ciafcheduna banda, e delle mifure RST, fi leverà dalla detta muraglia il rettangolo LEIO uguale alli tre RST, i quali, fe fi difporranno in ifcarpa, avranno una bafe più eftefa, come W, e quindi nel riufcire più refiftenti, fminuiranno anche il momento della fpinta (§. 173 n. 5).

176. Le chiavi di ferro AA, che fi mettono in una fabbrica per accrefcere la refiftenza de' fuoi piè dritti contro la fpinta della volta L, fono molto efficaci,

TAVOLA II. FIGURA 14.

allorchè la muraglia ha una grande adesione, e che le medesime non sono troppo distanti le une dalle altre, affinchè la muraglia non ceda nell'intervallo, che trovasi fra esse. Queste chiavi si mettono superiormente alle imposta CC per $\frac{2}{5}$ in circa dell'altezza GL della volta, ed i maschi DF, volgarmente detti *bolzoni*, i quali si figgono in ciascun occhio A, A della chiave, sono lunghi almeno i tre quarti di GL.

Per misurare la resistenza di una chiave, si rifletta, che questa resiste colla sua adesione assoluta dalle due bande, onde solamente la metà della forza, che si compete a quest' adesione, si dee considerare in rinforzo di un piè dritto. Se questa forza d' adesione si chiami $= m$, e sia $= n$ la lunghezza AH della leva, con cui agisce rispetto al punto H di contrasto, sarà $= mn$ il suo momento in riguardo al detto punto H, e se questo momento si dividerà per la distanza $= d$, che trovasi fra l' una e l' altra chiave, l' espressione $\frac{mn}{d}$ sarà la resistenza della chiave da comprendersi nel

primo membro della formola generale (§. 171, 172).

Si dee quì osservare che, quando nello stato dell' equilibrio la resistenza de' piè dritti dipende dalle chiavi di ferro, non debbono queste essere esposte ai forti geli, affinchè non si rompano trasversalmente, come avviene sovente negli inverni rigidi in quelle chiavi, che collegano portici, atrj, e simili; e debbono in oltre esse chiavi essere più grosse di ciò importa l' equilibrio suddetto sì per compensare i difetti delle sfoglie, e di altre simili disgiunzioni, che talora s' incontrano nel ferro, come per supplire allo scemamento di grossezza, che coll' andare del tempo vien prodotto dalla ruggine.

177. Le volte a cupola, che si fanno nelle fabbriche militari per essere a resistenza di bomba, sono impostate sopra una muraglia verticale di base circolare, ed hanno la forma di un emisfero, o di un semisferoide allungato nato dalla rivoluzione di un mezzo ellisse attorno il suo grand' asse.

TAVOLA II. FIGURA 15. La figura 15 rappresenta la pianta di un magazzino colla volta a cupola.

Il cerchio ABC addita l'esterno del muro verticale della grossezza BO, sul quale è impostata la volta. Se si suppone, che il sito della rottura nella volta sia indicato dal cerchio GHI concentrico agli altri due ABC, FOP, e dal centro K siano tirate le rette KB, KC, si scorge tosto, che la parte HKI della volta, che cagiona la spinta, è contrastata dall' altra porzione HOPI, e dal piè dritto BOPC. Ora, se colla retta KD si divide pel mezzo l'angolo BKC, e dai punti H, I si tirano alla DK le parallele HL, IM, e dal punto K s'alza KNQ perpendicolare alla KD, ben si comprende, che la porzione HKI, che produce la spinta, è la metà circa della superficie HQNI, che cagionerebbe la spinta in una volta a botte egualmente prominente, e dello stesso vano, e della medesima grossezza, e che la fabbrica HBCI, la quale fa contrasto alla detta spinta, è maggiore assai dell' altra LHIM, che formerebbe la resistenza nella volta a botte.

Per mezzo di queste riflessioni, e valendosi delle premesse (§. 171, 172) sarà facile determinare l' equilibrio fra la spinta di una volta a cupola, e la

reſiſtenza della corriſpondente porzione di fabbrica, che la contraſta. In queſto confronto ſi troverà, che la ſpeſſezza PO rieſce molto minore di quella de' piè dritti, che ſoſtengono le volte a botte.

Non oſtante queſto vantaggio non ſi fa grand' uſo de' magazzini rotondi, ſtantechè nel collocarvi i barili della polvere ſi perde molto ſito, ma ſi uſano per lo più in qualità di ripoſtiglio per approfittarſi di certi limitati ſiti, che s'incontrano a portata delle fronti di una fortezza eſpoſte ad eſſere attaccata.

178. Col mezzo della teoria premeſſa intorno le volte nude a botte ſarà facile determinare l' equilibrio fra la reſiſtenza de' piè dritti, e la ſpinta di quelle volte a botte, che ſono coperte da
TAVOLA II. FIGURA 16. altri materiali. Nella fig. 16 ſi ravviſa la fabbrica iſolata ADNBGLHMFP ſimile a quella rappreſentata nella fig. 12. Occorre in pratica, che queſte fabbriche ſi coprono talora con un maſſiccio di muraglia diſpoſto in forma di terrazzo, come BT*m*LG, o pure in pendenza a guiſa di un tetto, come BWONZ. Se dal ſito *y* della rottura *y*V ſi tira *yg*

perpendicolare alla T*m* per avere nel massiccio BT*m*LG la minor sezione di rottura, e dal sito Z si tira pure allo stesso fine la Z*q* perpendicolare alla pendenza WO, s'avrà la porzione della fabbrica, che in ciascuna delle divisate disposizioni del massiccio coperto produce la spinta, e la corrispondente porzione di fabbrica, che resiste alla spinta.

Col confrontare le due spinte, e le corrispondenti resistenze, si vede facilmente, che la superficie FT*gy*V, la quale esprime la spinta nella prima disposizione, è minore dell'altra FW*q*ZQ, e che l'azione di quest'ultima contro il corrispondente piè dritto è più efficace non solo per causa dell'eccesso, che questa superficie ha verso dell'altra, ma specialmente perchè la maggior quantità di questo massiccio si trova sopra la ferraglia da B verso W.

Considerando poi le resistenze corrispondenti alle spinte, si vede, che nella disposizione a terrazzo la fabbrica *y*VIMHLG è accresciuta dal massiccio LG*ygm*, e che nella disposizione in pendenza la fabbrica ADNZQKP è accresciuta dal picciol massiccio NZ*qd*, e

ſminuita dal maſſiccio maggiore dOD.

Col mezzo di queſte rifleſſioni ſarà facile valerſi della formola generale (§. 171, 172) per determinare l'equilibrio fra la ſpinta, e la reſiſtenza in ambedue le diſpoſizioni; dovendoſi notare, che nel maſſiccio in pendenza fa d'uopo accreſcere di $\frac{1}{4}$ in circa il momento della ſpinta, qualora l'angolo FWO ſarà di gradi 60, per cauſa del maggior aggravio, che in queſta diſpoſizione ſoſtiene la ſerraglia della volta; e ſe l'angolo ſuddetto ſarà di gradi 40 in 45, ſi dovrà accreſcere eſſo momento della metà in circa. Queſte rifleſſioni baſtano per eſcludere nelle fabbriche iſolate que' maſſicci, che oltrepaſſano conſiderabilmente la ſpeſſezza neceſſaria per render la volta impenetrabile all' urto delle bombe, e quegli altri maſſicci, che, eſſendo diſpoſti in una gran pendenza, accreſcono conſiderabilmente l'altezza BW.

179. Nel libro 1.° ſi è pure data un' idea delle fabbriche, che ſi riducono a reſiſtenza di bomba col mettere una quantità di terra ſopra la loro volta.

Se sopra la volta FKI si dovrà mettere terra battuta, come TVVT, si determinerà la spinta della volta col cercare la ragione tra il peso specifico della terra compressa, e quello della muraglia della volta; ed esprimendo questa ragione per $m : n$, s' avrà il massiccio TV di terra convertito in un altro di muraglia dello stesso peso, facendo mTV $=$ nTX, in cui TX $<$ TV, stantechè la muraglia ha una gravità specifica maggiore della terra. Supposto che L sia il sito più elevato della volta, si farà l'arco LM di gradi 30, e tirata My perpendicolare alla volta, e yZ verticale, si troverà il momento della spinta, che si compete alla superficie LMyZG rispetto al punto di contrasto Q (§. 171), e trovato a tenore dello stesso paragrafo il momento della resistenza, che conviene allo spaccato MyZHQEI, si confronteranno per avere la spessezza EQ nello stato dell' equilibrio. TAVOLA III. FIGURA 17.

Si noti, che la spessezza delle volte riparate con terra si fa minore di ciò praticasi nelle volte, che resister debbono all' urto immediato delle bombe. Le misure date per queste volte nel li-

bro 1.° di quest' Architettura cautelano bastantemente la pratica.

180. Se l'altezza NL di una camera sarà smezzata da una volta schiacciata SAO, converrà accrescere la resistenza de' piè dritti coll' ingrossarli maggiormente, o col rinforzarli col mezzo di speroni, o di chiavi di ferro; poichè, sebbene queste volte schiacciate si facciano solamente di once tre in sei nel sito A della serraglia, nulladimeno la spinta loro riesce considerabile.

Per determinare questa spinta in una maniera, che convenga alla pratica, nel quarto d'elisse BO si segni l' arco BD, la cui corda possa adattarsi tre volte da B in O, indi si formi la superficie BDCA per la spinta di questa volta a norma del (§. 178) per le volte coperte col massiccio disposto in terrazzo, e trovato il momento di questa spinta rispetto al punto Q si aggiunga nel secondo membro della formola (§. 171, 172). Si trovi pure il momento dello spaccato OPCD, rispetto allo stesso punto di contrasto, e si aggiunga nel primo membro della stessa formola, e si tratti indi l'equazione nel modo solito per avere la spessezza QE della muraglia.

Se in vece della volta schiacciata si farà una soffitta con travi, si dovrà con ciò sminuire la grossezza de' piè dritti nello stato dell' equilibrio: imperciocchè, gravitando la soffitta su questi, ne accresce il momento del peso, e se queste travi si collegheranno coi piè dritti per mezzo di chiavi di ferro, s' accrescerà con ciò notabilmente la resistenza contro la spinta della volta. Queste chiavi somministreranno in oltre dei punti di contrasto fissi nell' altezza del muro, per li quali i piè dritti riusciranno maggiormente robusti, e saldi (§. 135).

Mediante le cose spiegate sarà facile di mettere in computo tutte queste resistenze, e quindi determinare a qual segno debba sminuirsi la spessezza QE nello stato dell' equilibrio.

181. Le fabbriche isolate a camere doppie sono assai più economiche delle altre a camere semplici fin quì esaminate, poichè in quelle s' ottiene con tre muraglie ciò, che si fa con quattro nelle fabbriche a camere semplici.

Le due volte ABC, DEF sono fra esse simili, uguali, ed ugualmente distanti dal suolo LTS, ed hanno di sopra TAVOLA III. FIGURA 11.

un massiccio di muraglia disposto in forma di terrazzo colla pendenza di $\frac{1}{24}$ da G verso K, e Z per lo scolo delle acque piovane.

Per misurare la spinta di queste volte contro i piè dritti esterni, come LHAZ, basta operare, come s' è detto (§. 178), per le volte delle camere semplici, cioè si farà l'arco BO di gradi 30, si tirerà NO perpendicolare alla curva AOB, ed MN verticale, e si troverà il momento, che alla superficie BIMNO limitata dalla serraglia BI si compete rispetto al punto di contrasto L.

Il momento della resistenza del piè dritto ZLHAONM si determinerà pure a norma del §. 174, avendo in considerazione le porte, e finestre X, X, che in esso far debbonsi.

Il muro di mezzo TCD, essendo ugualmente aggravato dalle due volte, non può in verun modo ribaltare, onde basta regolarne la spessezza a segno tale, che non sia flessibile, e che vi si possano impostare le volte CV, DV di quella grossezza, che si conviene. In oltre si dee avere l' avvertenza di non

fare i cammini in queſte muraglie, e di coſtruire un arco ſodo ſopra ognuna delle porte di comunicazione, ſu cui è impoſtata la volta a reſiſtenza di bomba. Allorchè queſte muraglie di mezzo ſi coſtruiſcono colle diviſate avvertenze, ſi poſſono fare più ſottili di $\frac{1}{8}$, e talora anche di $\frac{1}{6}$ de' piè dritti, che formano l'eſterno della fabbrica.

182. Se ſopra le due volte KG, Zy ſimili, uguali, ed equidiſtanti dal ſuolo ſi vorrà fare un maſſiccio ABC di muraglia in pendenza, ſiccome la porzione della fabbrica, che cagiona la ſpinta in una volta, è eſpreſſa dalla ſuperficie ITHFED, così per avere il momento della ſpinta contro il piè dritto ITHVA ſi dovrà prendere la metà della detta ſuperficie, la quale rieſce neceſſariamente maggiore della ITHGL limitata dalla verticale LG, che paſſa per la ferraglia. Da ciò ſi comprende, che queſta maniera di fabbricare è più diſpendioſa, e che aggrava conſiderabilmente i piè dritti, de' quali ſe ne dee accreſcere neceſſariamente la ſpeſſezza, non oſtante che nel

TAVOLA III. FIGURA 19.

mezzo del maſſiccio ſi pratichi un andito NQR in tutta la lunghezza della fabbrica: imperciocchè queſto vano ſminuiſce ſolamente il peſo, che ſopraſta alla muraglia di mezzo KZMN.

183. Le volte a reſiſtenza di bomba nelle fabbriche iſolate s' impoſtano o ſulle muraglie, che formano la lunghezza della fabbrica, o ſulle traſverſali. Si pratica la prima maniera ne' quartieri, di cui ſi ſono dati i diſegni nel libro 1.° della noſtra Architettura, ed in altre ſomiglianti fabbriche; ma negli alloggi pel Governatore, e per gli altri Uffiziali primari del preſidio le volte s' impoſtano traſverſalmente alla lunghezza della fabbrica, a fine di avere un compartimento di camere più libero, e comodo. In queſti abitati ſi fa per l'ordinario diſpari il numero delle camere, che corriſpondono alla detta lunghezza, affinchè la camera di mezzo ſerva di ſala comune ai due appartamenti laterali. La larghezza MM della ſala ſi può eſtendere ſino a piedi 18, a fine di avere un ſito più proprio per congregarvi gli Uffiziali, dare l'ordine, e coſe ſimili. La larghezza EF delle camere laterali ſi fa poi di

TAVOLA III. FIGURA 20.

piedi 12; ma le ultime, come CH, si fanno larghe solamente piedi 9 in 10.

Tutte le volte di questa fabbrica s'impostano nello stesso orizzonte CMC, e si fanno ugualmente alte, perciocchè, se quella di mezzo avrà una figura semicircolare, le altre verranno formate da un semielisse col grand' asse verticale. Se si farà il computo della spinta, che ciascheduna volta esercita verso dell' altra, si troverà la quantità, e la direzione della resistenza prevalente. Se poi si vorrà sparmiare questo computo, basterà fissare nelle muraglie di testa AG, BK quella stessa grossezza, che si compete alla spinta della volta maggiore MLM per avere una resistenza abbondante, e quanto alla spessezza delle muraglie intermedie FMQ, HEP basterà fissarla a quel segno, che esigesi per renderle inflessibili, e per impostarvi le volte (§. 181).

184. La fin quì divisata teoria si potrà facilmente applicare ai maschi, e ad altre somiglianti fabbriche, che si fanno in mezzo alle cortine; onde basterà avvertire per compimento di questa dottrina che, quando nella resistenza de'

piè dritti si comprende la tenacità della muraglia, d' uopo è lasciarli seccare a dovere prima di costruirvi sopra la volta, senza del qual riguardo il muro si fessura in diversi siti, allorchè si rilasciano le centina della volta. I modelli, che per ogni specie di fabbriche militari a resistenza di bomba si esibiranno in tempo delle spiegazioni, somministreranno agli Allievi un' idea chiara, e distinta di tutte quelle altre particolarità, che interessano questa dottrina.

185. Le fabbriche isolate, di cui abbiamo fin' ora ragionato, si praticano, allorchè le circostanze del sito non permettono di far meglio; ma se gli alloggi, e magazzini a resistenza di bomba si potranno contrastare immobilmente coll' appoggiarli alla roccia, o a qualch' altro ostacolo saldissimo, o pure si potranno costruire casematte ben secche nei bastioni, e nelle cortine, in simil riscontro si preferiranno queste fabbriche alle altre isolate sì perchè riescono assai più sicure ed economiche, sì perchè sono riparate dai colpi diretti del cannone nemico, e riesce meno efficace la scossa nell' urto della bomba, giacchè diffondesi

in

in una gran maſſa: Oltrechè queſte fabbriche così diſpoſte non cagionano danno ai difenſori, come ſuccede nelle iſolate, allorchè ſono percoſſe dalle palle, e bombe nemiche, mentre la guarnigione va per le contrade.

Nelle fabbriche contraſtate immobilmente più non è neceſſario calcolare la ſpinta della volta, ma baſta, che le muraglie intermedie, ſu cui ſono impoſtate le volte, ſiano di ſufficiente groſſezza per riuſcire infleſſibili.

186. Nel coſtruire le fabbriche, di cui ſi tratta, convien uſare le ſeguenti avvertenze.

1.ª La principale, e primaria avvertenza conſiſte nel procurare, che queſte camere rieſcano ben ſecche, avvegnachè dalle ripetute oſſervazioni riſulta, che le camere umide cagionano moltiſſime malattie fra gli abitatori.

2.ª Saranno poi di un ottimo uſo queſte abitazioni, qualora, oltre all'eſſere ſecche, ſaranno anche ventilate; ma non incontrandoſi queſta ventilazione, converrà ſminuire il numero de' ſuoi abitatori, e ſpecialmente in tempo dei gran

calori, ſenza del che ſi produrranno molte malattie fra i ſoldati.

3.ª Riuſcirà coſa molto economica, qualora, in riguardo ai profili della fortezza, ſi potrà dividere in due piani l'altezza delle caſematte, la quale per tal fine non dee eſſere minore di piedi 16.

4.ª Que' ſiti poi, che non riuſciranno baſtantemente ſecchi, ſi faranno ſervire in tempo della difeſa per le officine de' fallegnami, de' ferrai, armaiuoli, per li forni, pel macello, per la cantina ec., o per ritirarvi quelle ſpecie di viveri, o di altre provviſioni, che eſigono ripoſtigli umidetti.

CAPO V.

Della Sodezza, che aver debbono le fabbriche a reſiſtenza di bomba.

187. Le regole ſpiegate nel capo antecedente per equilibrare la ſpinta delle volte colla reſiſtenza de' loro piè dritti ſervono in ragione di fabbrica civile; ma trattandoſi di coſtruire volte eſpoſte all' urto delle bombe, è neceſſario, che alle diviſate regole s' aggiunga la ſeguente

teoria, affinchè s' arrivi a conoscere i mezzi, e le maniere, che meglio convengono alle circostanze de' casi.

Due sono le maniere di fare una fabbrica a resistenza di bomba. La prima maniera si chiama *permanente*, e s'ottiene col mezzo di volte competentemente grosse, e costrutte assai prima che la fortezza sia assediata. La seconda maniera si dice *provvisionale*, e si pratica poco prima che la fortezza sia assediata, coprendo con terra, o con altre materie molli volte sottili, ed anche soffitte, che si contrastano poi per di sotto con puntelli disposti secondo certi indirizzi, e particolari regole.

Noi ragioneremo in questo capo solamente delle fabbriche, che si costruiscono a resistenza di bomba in una maniera permanente, e nella quarta parte tratteremo del modo di ridurre a resistenza di bomba altre fabbriche in una maniera provvisionale.

188. La forza di una bomba, che percuote un bersaglio, s' esprime nell' urto diretto col prodotto mu della massa $= m$, nella sua velocità $= u$, e nell' urto obbli-

quo s' esprime per $\frac{mu \times n}{sen.101.}$, in cui n addita il seno retto dell'angolo d'incidenza.

Tre sono adunque le cose da considerarsi in questi urti, cioè il peso della bomba, la direzione, e la velocità, con cui urta.

189. I calibri de' mortai da bomba, che dopo l' invenzione di queste Artiglierie sono stati adoperati, trovansi compresi fra il diametro di once 12 del piè liprando, e quello d' once $7\frac{1}{2}$, denominandosi poi da mezze bombe quelli del diametro d'once 5 in 6.

La gran difficoltà, che s'incontrava nel maneggiare i mortai del diametro di once 12, e le loro bombe, è stato il principal motivo, per cui non s'è fatto un grande uso di somiglianti pezzi. Nelle Artiglierie di mare s' adoperano solamente quelli del diametro di once 9 in 10, attesa la facilità, che si ha nelle navi d'introdurre la bomba entro il pezzo, e dirigerlo ove più piace.

Nelle Artiglierie di terra usavansi nello scorso secolo mortai del diametro di once 8 in 9 bastantemente rinforzati,

affinchè resistessero a cariche poderose, e somministrassero una gran cacciata. Il soverchio peso di questi pezzi ne fece costruire degli altri del medesimo calibro, ma più leggieri, i quali caricavansi poi con minor quantità di polvere, e quindi somministravano tiro minore. Essendosi ponderati minutamente questi inconvenienti, e gli effetti prodotti da queste bombe essendo stati confrontati con quelli, che si ottengono dalle bombe del diametro di once $7\frac{1}{4}$ cacciate dai corrispondenti mortai del peso di rubbi 115 in 125, si è fissato nei diversi Arsenali, come di comun consenso, il maggior diametro de' mortai da bomba a once $7\frac{1}{2}$, e il peso della bomba del diametro di once $7\frac{1}{4}$ a libbre 200 in circa. Per la qual cosa noi considereremo soltanto la forza massima, con cui queste bombe urtano le fabbriche militari.

190. Allorchè i mortai del diametro di once $7\frac{1}{2}$ si sparano in tutte quelle circostanze, che concorrono ad accre-

ſcere la velocità iniziale della bomba, ſi trova

1.° Che l'ampiezza maſſima della trattoria rieſce di piedi 4000 in 4200, ognivoltachè il mortaio, ed il berſaglio ſono nello ſteſſo orizzonte, e che la velocità compoſta della bomba nell' incontrare l'orizzonte è di piedi 300 in circa.

2.° Che, qualora il berſaglio è ſituato in un orizzonte diverſo da quello, in cui trovaſi il mortaio, la velocità, colla quale la bomba arriva al berſaglio, ſi può eſprimere per $\sqrt{90000 \pm 38\,D}$ ſenza commettere errore di gran conſeguenza nella pratica, di cui ſi ragiona, additando la lettera D la diſtanza verticale, che trovaſi fra i due orizzonti.

3.° La forza maſſima nell'urto diretto delle bombe del diametro di once $7\frac{1}{4}$ ſi eſprime adunque per $\overline{200\sqrt{90000 \pm 38\,D}}$, dovendoſi prendere poſitivo il valore di 38D, allorchè il berſaglio è in ſito più baſſo del mortaio, e negativo, ſe il berſaglio ſarà più alto, e finalmente ſi ſcancellerà dalla

formola, ſe il mortaio, ed il berſaglio ſaranno nel medeſimo orizzonte, giacchè in queſto caſo D = zero.

191. Dalle diviſate ſperienze fatte in modo, che il mortaio, ed il berſaglio ſiano nello ſteſſo orizzone, ſi ricava pure

1.° Che il tiro maſſimo s' ottiene coll' elevazione di gradi 36 in 38 ſopra l' orizzonte, e che i tiri fatti in altre elevazioni rieſcono vie più corti a miſura, che l' angolo della proiezione s' allontana maggiormente dalla detta elevazione.

2.° Che la trattoria di queſte bombe cacciate da una carica intera di polvere appartiene alla quarta ſpecie (Inſt. Fſico-Mec.), ed è tale, che ne' tiri fatti coll' elevazione di gradi 36 in 38 l'angolo d' incidenza del proietto rieſce di gradi 60 in circa, ed a miſura, che ſi ſpara il mortaio con una elevazione maggiore, la differenza fra l' angolo della proezione, e quello dell' incidenza rieſce minore.

192. La trattoria deſcritta da una bomba non giace ſempre in un medeſimo piano: imperciocchè, quando queſto proietto arriva verſo la ſommità della

curva, declina talora a destra, o a sinistra, e quindi descrive una linea a doppia curvatura. Per altro noi supporremo, che la trattoria sia sempre nello stesso piano verticale, giacchè le conseguenze, che da questa supposizione dedurremo, non produrranno errore sensibile nell'applicare la presente dottrina alla pratica.

TAVOLA III. FIGURA 21.

Veduto abbiamo (Inst. Fisico-Mec), che per battere con urto diretto una superficie piana ABCD fa di mestiere, che questa sia segata ad angoli retti dal piano verticale FGH, in cui si concepisce giacere la trattoria LMN, e che la direzione PN della velocità composta nel punto N della percossa sia perpendicolare alla superficie battuta. Ciò posto, se sarà cognita l'inclinazione della superficie ABCD rispetto all'orizzonte NL, sarà anche noto l'angolo d'incidenza PNL, affinchè PN sia perpendicolare alla superficie battuta; e siccome è nota la natura della trattoria delle bombe del diametro di once $7 \frac{1}{4}$ cacciate dalla massima carica (§. 11), così s'avrà pure nel piano verticale FGH

l' elevazione OLN, ed il punto L della batteria, dalla quale si dovrà sparare il mortaio per colpire la mentovata superficie coll' urto diretto, e colla forza massima. Per esempio se l' angolo BNL sarà di gradi 30, col fare PN perpendicolare alla superficie battuta, l'angolo PNL riuscirà di gradi 60, e quindi a tenore dell' antecedente paragrafo dovrà l' angolo OLN della proiezione essere di gradi 36 in 38, e il mortaio, che si dee sparare colla carica intera, dovrà situarsi nella distanza massima LN, che è di piedi 4000. Se poi la superficie da battersi sarà disposta in forma di terrazzo colla sola pendenza necessaria per lo scolo delle acque, di modo che l' angolo BNL sia di gradi 2, l' angolo d' incidenza PNL riuscirà di gradi 88, e quindi quello della proiezione OLN dovrà essere di gradi 81 in 82, ed il punto L distante da N piedi 1000 in circa.

193. Quantunque nello sparare il mortaio dal sito L s' abbia l' urto diretto nel solo punto N, nulladimeno si considerano praticamente per diretti gli urti, che seguono verso A, e verso B, come pure i costieri K, ognorachè la super-

ficie sarà piana, e non troppo vasta.

TAVOLA IV. FIGURA 22. Ma se la superficie battuta sarà convessa, come il dorso esterno di una volta a botte MLBR, allora si potranno considerare solamente per diretti quelli, che seguiranno nell' orizzontale NS, la quale passa pel punto N della PN perpendicolare alla curva; ma i tiri, che urteranno verso T, riusciranno vie più obbliqui a misura, che l' urto seguirà a maggior distanza dell' orizzontale NS.

Finalmente se la volta sarà a cupola, e il suo dorso presenterà un emisfero, o un semisferoide innalzato, siccome questa superficie convessa sfugge in tutti i sensi, così l'urto diretto si considererà nel solo punto N, e gli rimanenti urti riusciranno maggiormente obbliqui a misura, che seguiranno a distanze maggiori dal detto punto.

194. Dal fin quì detto si deducono le seguenti massime da praticarsi dall'Ingegnere nel situare gli alloggi, ed i magazzini isolati, che sono a resistenza di bomba per mezzo di un massiccio di muraglia disposto in pendenza, come nella fig. 21, affinchè l'urto de' proietti contro questi bersagli riesca molto ob-

bliquo, o ſia molto difficile il dare nel ſegno colla forza maſſima.

1.ª Le fabbriche iſolate ſi coſtruiranno, finchè ſi può, nei ſiti della Piazza, che ſono i più lontani dalle fronti attaccabili.

2.ª Se, atteſa l'anguſtezza della fortezza, le fabbriche iſolate ſaranno eſpoſte ai tiri curvilinei del nemico, ſi proccurerà di diſporle in modo tale, che le ſuperficie eſpoſte ai tiri avverſi non ſiano ſegate ad angoli retti da que' piani verticali FGH, che paſſano per li ſiti, ne' quali l' aſſalitore può collocare le ſue batterie; e, non potendoſi praticare queſta maſſima in riguardo a tutti i ſiti, ſi diſporranno le dette ſuperficie verſo i più lontani, affinchè rieſca più incerto l'eſito de' tiri fatti da tali diſtanze.

3.ª La pendenza del maſſiccio coperto farà coll' orizzonte un angolo di gradi 30 in 35, affinchè non poſſa eſſere battuta con urto diretto, e colla maſſima forza ſe non ſe dalla diſtanza maſſima di piedi 4000, e quindi rieſca molto difficile all' avverſario di colpire nel ſegno.

4.ª Se, attese le circostanze della vicina campagna, l'assalitore potrà collocare a suo talento mortai per battere le fabbriche con urti diretti, converrà fare convesso il dorso esterno delle volte, e, per ripararlo dalle piogge in tempo non soggetto all' attacco, si munirà con un semplice coperto di tegole. I magazzini per la polvere, ed altri somiglianti ripostigli, che si costruiranno nelle gole de' bastioni, si faranno rotondi colla volta a cupola.

5.ª Nel praticare le divisate massime si dovrà pure considerare, se i siti dell'assalitore sono nel medesimo orizzonte delle fabbriche militari, o pure in un orizzonte diverso, affinchè per mezzo di questa considerazione s' arrivi a conoscere la direzione, e la forza della bomba in tutti i casi (§. 190, 191), e quindi se ne proporzioni la resistenza.

195. Oltre l'effetto dell' urto un altro se ne produce nello scoppiar della bomba, allorchè questa casca sopra materie molli, poichè, dopo d'averle penetrate, ne getta collo scoppio una porzione per aria a guisa di un picciol fornello di mina, che s'incendia. Allorchè però la

terra è compatta, e che la bomba vi si immerge dalla banda della spoletta, succede quasi sempre che, estinguendosi il fuoco di questa, più non ha luogo lo scoppio. Si scorge adunque, che nel ridurre a resistenza di bomba una fabbrica col soprapporvi della terra, è necessario, che questa sia ben condensata, ed in quantità sufficiente, affinchè, non ostante gl' incavi, che la moltiplicità delle bombe vi può produrre, sia tuttavia la volta ancora ben riparata dalla terra sovrapposta.

Qualora poi le bombe cadono sopra massicci coperti molto duri, e urtano con gran forza, occorre sovente, che si rompono, massimamente se la ghisa è di qualità frangibile, onde più non ha luogo lo scoppio.

196. Dopo d'aver considerata la forza massima nell' urto delle bombe, e le modificazioni, cui soggiace questa forza sì in riguardo ai siti diversi, ne'quali l' assalitore può collocare le sue batterie, che per conto della maniera, in cui l' Ingegnere può disporre gli alloggi, ed i magazzini, convien ora esaminare, come si determini la resistenza di queste fabbri-

che, a fine di rendere inefficaci gli urti delle bombe.

Due ſono le condizioni, che aver dee una fabbrica per eſſere a reſiſtenza di bomba.

1.ª Che le volte ſiano impenetrabili alla bomba, cioè a dire che non poſſano mai eſſere da queſta perforate, nè feſſurate.

2.ª Che le muraglie, le quali ſoſtengono le volte, ſiano ſode a ſegno tale, che nelle ſcoſſe prodotte dagli urti i più violenti la fabbrica non precipiti, nè ſi feſſuri.

197. La prima condizione (§. 196) s'ottiene per mezzo della figura, e della groſſezza della volta combinata colla qualità de' materiali, che la compongono; ma per avere la ſeconda condizione è neceſſario che, oltre i mentovati riguardi, le muraglie, che ſoſtengono la volta, ſiano di ſodezza tale, che reſiſtano alla ſpinta della volta, ed alla ſcoſſa dell' urto, i di cui effetti rieſcono più efficaci a miſura, che la fabbrica è di minor mole. Queſta ſeconda condizione è negli alloggi aſſai più intereſſante della prima, poichè, venendo a precipitare la

fabbrica pel difetto de' piè dritti , tutti gli abitatori rimangono ſepolti in un iſtante ſotto le rovine , in vece che , ſe la fabbrica ſarà mancante ſoltanto nella prima condizione , il danno , che ne avverrà dall' eſſere perforata la volta da una qualche bomba, riuſcirà aſſai minore.

Occorrendo per tanto, che s' incontri una qualche fabbrica , in cui le materie ſoprappoſte alla volta eccedano la reſiſtenza de' piè dritti , e ſpecialmente in occaſione dell' urto, ſarà indiſpenſabile o ſminuire la quantità delle materie ſoprappoſte , o rinforzare le muraglie eſterne con molti ſperoni, o con forti puntelli contraſtare per di ſotto la volta in occaſione di proſſimo aſſedio.

198. L' oſſervazione, la ſperienza, ed i principj di Meccanica debbono, come già s' è detto in più luoghi, ſomminiſtrare i dati principali nella ſoluzione de' problemi fiſico-meccanici. Dalle oſſervazioni fatte intorno alcune volte ſottili, che ſono ſtate perforate dalle bombe, ſi è ricavato

1.° Che la bomba nel percuotere queſte volte produce effetti diverſi dipendenti dalle circoſtanze, in cui è ſtata coſtrutta la fabbrica.

2.° Allorchè la volta è ſtata coſtrutta con tutti i riguardi, e con materiali ſcelti, l' effetto ſi riduce a un buco poco men che circolare nel ſito percoſſo; ma, ſe i mattoni, o gli altri materiali non ſono ſtati meſſi in opera colle debite avvertenze, il buco rieſce molto irregolare; e finalmente ſi manifeſtano feſſure, ognivoltachè all'imperizia, o alla negligenza degli operai va congiunta la cattiva qualità de' materiali, o pure il clima non ha laſciato tempo a queſti d'aſſodarſi al ſegno, che ſi converrebbe, o i piè dritti non ſono baſtantemente ſaldi.

3.° Gli effetti dell' urto ſono minori a miſura, che la curvatura della volta è maggiore, o che minore è il ſuo vano; e quindi ſuccede all'oppoſito nelle volte ſchiacciate, ed in quelle, che hanno un gran vano.

4.° Affinchè una volta ſottile riparata da una quantità di terra, che vi ſi ſoprappone, ſia atta a reſiſtere all' urto di una bomba, è neceſſario contraſtarla per di ſotto con forti puntelli diſpoſti col diſcernimento, che ſi conviene, e aſſodarne pure i ſuoi piè dritti, ſe ſono deboli.

199.

199. Nelle volte, che per la loro grosſezza erano atte a reſiſtere all'urto immediato delle bombe, ſi ſono oſſervati i ſeguenti effetti, allorchè ſono ſtate percoſſe da queſti proietti.

1.° Le bombe, che hanno percoſſo direttamente il dorſo di volte ben rinfiancate, e coſtrutte a dovere, hanno prodotto un incavo profondo al più un'oncia, allorchè la volta era coſtrutta con mattoni, eſſendo queſte pietre fattizie le meno dure, che s' adoperino in ſomiglianti fabbriche.

2.° Qualora la tenacità, e la durezza della fabbrica era grande, appena ſi vedevano le veſtigia dell' urto, quantunque gagliardo, e contrariamente ſi producevano ſtritolamenti, incavi, e feſſure, ognivoltachè la tenacità era poca, e queſti effetti creſcevano notabilmente a miſura, che ſi moltiplicavano gli urti.

3.° Nelle fabbriche dure, ma non elaſtiche lo ſcuotimento prodotto dall'urto immediato riuſciva poco ſenſibile; e all'oppoſito conſiderabile ſi oſſervava eſſo ſcuotimento nelle fabbriche molto elaſtiche a ſegno tale, che ſi producevano talora feſſure.

200. Premessi gli effetti dell' urto, convien ora esaminare il meccanismo di questi fenomeni.

TAVOLA IV. FIGURA 23.

Allorchè una bomba percuote la parte KQ di una volta semicircolare CBL, la parte percossa agisce contro le vicine a guisa di cuneo, la cui testa è espressa da KQ, e la direzione delle facce del cuneo è determinata dai raggi KF, QF del cerchio. Divisa per tanto KQ in due parti uguali nel punto G, avremo, che nello stato dell' equilibrio la forza, la quale conficca il cuneo spuntato KPOQ, stà alla forza esercitata da una faccia d' esso cuneo contro la parete laterale come GQ : QF. Per tanto se due volte semicircolari di diverso diametro saranno percosse con ugual forza da bombe dello stesso calibro, siccome in questo caso GQ è lo stesso in ambedue le proporzioni, così le forze esercitate dai cunei contro le parti vicine saranno nella proporzione de' raggi, coi quali sono descritte le volte. Questa conseguenza fa conoscere la causa, per cui le volte circolari riescono meno resistenti a misura, che hanno un vano maggiore, ancorchè la spessezza loro eguagli quella di una volta di minor vano.

201. La resistenza, che la volta oppone alla facce del cuneo, perchè non succeda veruna disgiunzione, dipende principalmente dalla tenacità delle materie costituenti la volta, e quando la tenacità è la stessa in due volte semicircolari di diametro diverso, la resistenza riesce proporzionale alla grossezza QO delle volte.

Si scorge adunque, che due volte di diverso diametro, nelle quali la tenacità è la stessa, resisteranno egualmente alla stessa percossa, allora che le loro spessezze QO saranno proporzionali ai raggi QF, coi quali sono descritte.

202. Giacchè la resistenza della volta circolare è proporzionale al raggio, con cui è descritta, e che le volte riescono ugualmente resistenti, allorchè la loro spessezza è proporzionale al raggio suddetto, consegue

1.° Che, se si troverà il raggio del cerchio osculatore corrispondente ai diversi punti di una volta ellittica CFGN, di cui AN è il semigrand'asse, ed AC il semicongiugato, siccome fra essi raggi uno se ne dà, che, corrispondendo a un punto G, uguaglia il semiasse minore TAVOLA IV. FIGURA 24.

AC, e che gli altri raggi riescono più piccioli a misura, che si va da G verso N, e crescono andando da G verso C, così si vede, che la resistenza di questa volta nel punto G sarà uguale a quella di una volta circolare del raggio=AC, che la resistenza sarà maggiore a misura, che si prenderà un punto più vicino alla serraglia N, e che essa resistenza riuscirà minore della circolare a misura, che il punto preso sarà più lontano da G venendo verso C

2.° Se si faranno le CH, FK, GL, NM perpendicolari alla curva, e proporzionali ai corrispondenti raggi dei cerchi osculatori, la linea, che passerà per li punti H, K, L, M, determinerà il dorso esterno, e quindi la spessezza della volta, che sarà ugualmente resistente in tutta la sua estensione, non ostante che le spessezze da H in M vadano sempre decrescendo. Per lo contrario, se si descriverà il dorso OLPQ parallelo alla curva NGFC, avverrà che, se GL sarà la grossezza necessaria nel punto G per resistere all' urto della bomba,. le altre grossezze comprese tra L ed O saranno eccedenti, e quelle, che sono tra L e Q,

ſaranno mancanti, e creſcerà queſto difetto a miſura, che ſi prenderà una ſpeſſezza più vicina al punto Q.

3.° Conſegue da queſte due premeſſe che, ſe nella volta ellittica elevata ſi rinforzeranno i fianchi con un maſſiccio da Q verſo L coll'alzare maggiormente i piè dritti, la rimanente porzione LONG della volta ſarà nel ſito della ferraglia aſſai più reſiſtente di una circolare della medeſima groſſezza, e del raggio$=$AC.

203. Dall'Analiſi ſublime ſi ricava, che il raggio$=r$ del cerchio oſculatore nei diverſi punti dell'elliſſe ſi eſprime per

$$r = \frac{\overline{a^4 - a^2 x^2 + b^2 x}\,\sqrt{a^4 - a^2 x^2 + b^2 x^2}}{a^4\, b}.$$

In queſt' eſpreſſione ſi ha il ſemigrand' aſſe AN $= a$, il ſemipicciol'aſſe AC $= b$, e l'aſciſſa AT $= x$: quindi è, che nel punto C, eſſendo $x = 0$, il raggio del cerchio oſculatore diventa $= \frac{a^2}{b}$, vale dire, che uguaglia il ſemiparametro del picciol' aſſe, e quando l' aſciſſa eguaglia il ſemigrand' aſſe $= a$, allora il raggio del cerchio oſculatore nel punto

N riesce $= \frac{b^2}{a}$, cioè eguale al semiparametro del grand' asse.

Per applicare questa dottrina alla pratica, sia $a = 8$ piedi, $b = 6$ piedi, sarà $\frac{a^2}{b}$ = piedi $10 \frac{2}{3}$, e $\frac{b^2}{a}$ = piedi $4 \frac{1}{2}$, cioè la resistenza di questa volta nel punto N starà alla resistenza di una volta circolare della stessa grossezza, e del raggio = 6 reciprocamente, come le lunghezze di questi raggi, cioè come $6 : 4 \frac{1}{2} :: 4 : 3$.

Se al quarto d'ellisse CFGN s'applicherà tre volte la stessa corda CF, FG, GN, e dal punto G si tirerà l'ordinata GS rettangola all'asse, sarà l'ascissa AS di piedi 6.68 in circa; onde il valore del raggio del cerchio osculatore in G sarà di piedi 6, e quindi s'avrà il sito, in cui la volta ellittica elevata resiste ugualmente della circolare, che ha lo stesso diametro.

Se, rimanendo AC di piedi 6, si farà AN di piedi 9, si troverà che il raggio del cerchio osculatore nel punto

N = 4 piedi; onde la resistenza dell' ellisse in questo punto starà a quella del cerchio del raggio = 6 come 6 : 4 : : 3 : 2; e se al quarto d' ellisse s' applicherà la stessa corda per undeci volte, e la parte NG conterrà tre di queste corde, il raggio del cerchio osculatore corrispondente al punto G sarà circa di piedi 6, e quindi la volta ellittica in questo punto avrà la stessa resistenza della volta circolare del raggio di piedi 6.

204. Si scorge adunque, che le volte ellittiche elevate sono preferibili alle circolari, purchè s' abbia l' avvertenza di rinforzarne con un massiccio di muraglia la parte debole CFG, ognorachè questa trovasi esposta agl' urti immediati delle bombe.

Questa stessa teoria fa conoscere la ragione, per cui le volte gottiche, o sia terz' acuto, le quali nelle fabbriche civili resistono assai più delle circolari, e delle ellittiche inalzate, riescono poi meno resistenti all' immediato urto delle bombe: imperciocchè, solendo esse volte essere descritte con un raggio uguale a $\frac{3}{4}$ del vano, la loro resistenza stà a quella della

volta circolare dello ſteſſo vano come 2;3.

205. La groſſezza della volta, che s'equilibra coll'urto delle bombe, dipende, come già ſi diſſe, dalla tenacità, che acquiſta il calceſtruzzo, e dal vano della volta. Queſta ſpeſſezza non ſi può determinare altrimenti ſe non col mezzo della ſperienza, e delle oſſervazioni. Se dopo terminato un aſſedio ſi eſamineranno le fabbriche, che ſono ſtate percoſſe dalle bombe, e gli effetti prodotti da queſti urti, e in queſt' eſame ſi conſidereranno il ſito, da cui ſono ſtati cacciati i proietti, il loro peſo, la direzione dell'urto, la proporzione fra le parti componenti la fabbrica, e la qualità de' materiali, con cui è coſtrutta, ſi verrà facilmente in chiaro di quanto ricercaſi.

Da ſomiglianti oſſervazioni fatte nelle guerre del 1733, 1742, in cui le batterie, e le volte percoſſe conſiderar ſi potevano praticamente nello ſteſſo orizzonte, ed erano eſpoſte agli urti immediati, riſulta

1.° Che in certe fortezze ſituate nel litorale del Mediterraneo, nelle quali la muraglia era molto tenace e dura, le

volte circolari col vano di piedi 12 in 15 hanno resistito agli urti molto violenti; essendo la grossezza di queste $\frac{1}{8}$ del vano.

2.° Che nelle Piazze della Lombardia, e del Piemonte le volte circolari grosse $\frac{1}{6}$ del loro vano, ch'era di piedi 12 in 14, hanno pure resistito assai bene, non essendo la tenacità di quelle fabbriche minore di libbre 20000 per la sezione di rottura di un piede superficiale; e, allorchè la tenacità è stata molto minore, la volta ha ceduto a pochi urti.

206. Col mezzo di questi dati, e avendo anche presente la teoria spiegata dal §. 200 fino al 204, si potrà determinare con sufficiente approssimazione per la pratica la spessezza, che aver debbono le volte situate in un orizzonte diverso da quello della batteria, servendosi per ciò della ragione di $300 : \sqrt{90000 \pm 38 D}$ fra le due velocità (§. 190 n. 1 e 2) ognivoltachè la qualità de' materiali somministrerà tenacità bastante per esporre la volta agli urti immediati, cioè a dire

che la tenacità non sarà minore di libbre 20000 per un piede superficiale.

207. Ove poi per causa del clima, o della qualità de' materiali non si possa ottenere la divisata tenacità, il miglior partito sarà di fare le volte della grossezza tra $\frac{1}{12}$, ed $\frac{1}{9}$ del vano, e coprirle con terra di qualità tenace, e ben battuta per l'altezza non minore di piedi $2\frac{1}{2}$, ognivoltachè la fabbrica sarà nello stesso orizzonte della batteria, e si muterà quest' altezza a norma dell' antecedente paragrafo, se il bersaglio e la batteria saranno in due orizzonti diversi.

208. I riguardi da aversi nel proporzionare i piè dritti, che sostengono le volte, affinchè questi siano saldi nelle più violenti scosse prodotte dall' urto delle bombe (§. 196 n. 2), cambiano secondo che variano le circostanze, in cui è posta la fabbrica.

I piè dritti, che sostengono le volte delle casematte, e de' magazzini coperti di terra, i quali, per essere connessi colla cinta magistrale, o con altri somiglianti siti, si trovano fortemente con-

traſtati, ſi regoleranno a norma della formola (§. 172), giacchè la forza dell' urto, diſperdendoſi in un corpo molle aſſai voluminoſo, rieſce inſenſibile nelle muraglie.

Se poi la fabbrica coperta di terra ſarà iſolata, converrà accreſcere qualche poco la reſiſtenza de' piè dritti, uſando perciò qualcheduno de' ripieghi dati (§. 173).

Diſcorrendo delle volte nude, o pure riparate da un maſſiccio coperto, le quali trovanſi eſpoſte all' urto immediato, converrà pure oſſervare, ſe le fabbriche ſi trovano fortemente contraſtate, o pure ſe ſono iſolate: imperciocchè nel primo caſo baſterà accreſcere di $\frac{1}{12}$ circa la ſpeſſezza de' piè dritti, che ſi ricava dalla formola (§. 172.); ma nel ſecondo caſo l' accreſcimento dovrà eſſere maggiore di modo, che, ſe la tenacità ſarà ſoltanto di libbre 20000 per un piede ſnperficiale, ſi potrà ſcancellare il termine $\frac{\overline{PA}^2 \times t}{2}$ dalla detta formola (§. 172), e ſi ſtabilirà la groſſezza de' piè dritti coi momenti, che dipendono

dal ſolo peſo, ſe la fabbrica ſarà molto voluminoſa; ma ſe il ſuo volume ſarà picciolo, come a dire i magazzini a polvere, ed altri ſomiglianti ripoſtigli coſtrutti nelle gole de' baſtioni, converrà alla reſiſtenza de' piè dritti, ne' quali non s'è fatto caſo della tenacità, aggiugnere alcuni ſperoni, e meglio ancora, ſe ſi farà eſternamente un tamburo, o andito largo piedi 4 in circa coperto pure con una volta a reſiſtenza di bomba, ripiego, che rieſce poi molto comodo per depoſitarvi diverſe coſe, e ſoprattutto per aſſicurare il magazzino dai ſiniſtri accidenti in tempo dell'aſſedio, allorchè ſi eſtraggono le polveri, purchè s'abbia l'avvertenza di ſituare la porta del magazzino fuori d'infilata con quella del tamburo.

209. Termineremo le rifleſſioni intorno la reſiſtenza delle fabbriche militari coi ſeguenti avvertimenti.

1.° Di regola ordinaria meglio è riparare le volte con terra, che eſporle agli urti immediati, e ſpecialmente quando la fabbrica è formata con camere doppie.

2.° Quando si fa entrare in computo la tenacità delle muraglie per determinare la grossezza della volta, e delle medesime, bisogna aver riguardo agli errori, ed alle negligenze, che sovente commettono gli operai in corso di fabbrica.

3.° L'accrescere soverchiamente il massiccio coperto delle volte coll'idea di renderle impenetrabili agli urti, senza proporzionare i piè dritti a quest'eccesso, dispone la fabbrica a una facil rovina in occasione dell'urto, la quale fabbrica talora non regge nè meno alla spinta dell'eccessivo peso.

CAPO VI.

De' Ponti di muraglia.

210. La costruzione de' ponti permanenti entro un fiume, che dimezza una fortezza, o che separa il corpo della Piazza da qualche opera esteriore di conseguenza, appartiene agli Ingegneri. Questi ponti si fanno di muraglia, o con grossi legni, e sì nell'una, che nell'altra maniera è sempre necessario praticare le seguenti massime nello scegliere il sito per costruirvi il ponte.

1.ª Le eſtremità del ponte, che ſomminiſtra la comunicazione fra le parti di una città dimezzata da un fiume, dovranno ſempre corriſpondere a qualche piazza pubblica, o a qualche altro ſito ſpazioſo, a fine di ſminuire la confuſione, che ſenza tale sfogo facilmente ſi produce ſpecialmente ne' giorni di mercato.

2.ª Il ſito eletto per coſtruirvi il ponte, che comunica con qualche opera eſteriore di conſeguenza, dee eſſere vicino alla fortezza, e l' alveo del fiume dee formare un ſeno verſo di queſta, affinchè il ponte ſia più facilmente coperto dalla campagna, ed i ſuoi fianchi rieſcano validamente difeſi dalla Piazza.

3.ª E' neceſſario, che il fiume nelle vicinanze della fortezza ſcorra incaſſato fra le ſue ſponde di modo tale, che in qualſivoglia piena l' acqua ſi mantenga tutta in queſt' alveo, il cui fondo dee in oltre eſſere proprio per ſtabilirvi ſodamente i pilaſtri del ponte.

In queſto capo noi tratteremo de' ponti coſtrutti in muraglia, e nella quarta parte diſcorreremo di quegli altri, che ſi fanno con groſſi legni.

211. Quattro ſono le forze, che tendono a rovinare un ponte di muraglia coſtrutto in una Piazza di guerra, cioè

1.ª La ſpinta degli archi.

2.ª Lo ſcuotimento, e la maggior preſſione, che ſi produce nel paſſaggio de' carreggi molto peſanti.

3.ª L' urto delle bombe.

4.ª La forza, che l' acqua eſercita contro i pilaſtri, ſopra i quali ſono impoſtati gli archi del ponte.

La prima di queſte forze agiſce ſolamente nella direzione della lunghezza del ponte, ma la ſeconda e la terza agiſcono ſecondo la lunghezza, e la larghezza di queſto.

La quarta forza ſi oſſerva poi aver luogo in due maniere. Conſiſte la prima maniera nell' urtare che fa l' acqua contro i pilaſtri in una direzione orizzontale per roveſciarli dalla banda oppoſta, e ſi manifeſta la ſeconda maniera per via di un movimento vorticoſo, che fa l'acqua d' alto in baſſo, per cui ſcava il ſuolo contiguo alle fondamenta de' pilaſtri, allorchè il fondo dell' alveo non è baſtantemente ſaldo.

Allorchè la larghezza del fiume è di pochi trabucchi, e l'altezza delle sponde permette di fare il ponte con un solo arco, cioè a dire che nella massima piena del fiume l'acqua può passare sotto il ponte senza che questo cagioni ringorgamento, in questo caso si preferisce il ripiego di fare il ponte di un solo arco, in vece di costruire un pilastro entro l'alveo del fiume per non esporre il ponte alla forza dell' acqua, nel qual caso basta farlo resistente alle tre prime forze.

212. Consideriamo il ponte di un solo arco, ed esaminiamone il suo meccanismo, giacchè la resistenza, che questo oppone alle tre prime forze (§.211), non dipende punto dal numero de' suoi archi.

TAVOLA IV. FIGURA 25. Ognivoltachè nelle sponde del fiume s' incontrano scogli, o altre somiglianti materie dure, e talmente distanti dal fondo dell'alveo, che tutta l'acqua possa scorrere sotto il ponte in tempo della massima piena, fa d' uopo approfittarsi di questo gran vantaggio: ma se non s' incontreranno queste materie, o non saranno in altezza sufficiente, con-

verrà

verrà ſopra ſaldiſſime baſi KT, MZ coſtruire i pilaſtri LTKI, OZMN.

L'arco LFQAHO dee eſſere coſtrutto con pietre molto tenaci e dure, ognorachè il ſuo vano LO è maggiore di piedi 18, e, ſe non ſi potranno avere ſomiglianti pietre, converrà uſarne altre, che ſiano più tenaci e dure de' mattoni mezzanella, potendoſi adoperare queſti ſolamente, quando il vano è minore di piedi 18.

Le pietre, che formano l'arco, ſaranno configurate regolarmente, e fatte a cuneo in modo, che s' adattino eſattamente le une alle altre, e ſiano le loro commeſſure perpendicolari alla curva LBO. Il lato delle pietre, che forma la lunghezza del cuneo, non ſarà minore di piedi $1\frac{1}{2}$ ne'grand'archi, e, quando queſte pietre non arriveranno a formare tutta la ſpeſſezza BA dell'arco, ſi collegheranno ſcambievolmente con iſtaffe di ferro.

Nella ſeguente tavola ſi aſſegnano le ſpeſſezze AB per gli archi ſemicircolari di diverſo diametro coſtrutti con pietre.

Vano, o sia diametro LO dell'arco semicircolare.	*Spessezza dell'arco AB fatto con pietre molto tenaci, e dure.*	*Spessezza dello. stesso arco fatto con pietre di seconda qualità.*
Piedi 12	Piedi 1	Piedi 1 : 6
18	1 : 4	1 : 10
24	1 : 8	2 : 2
30	2	2 : 7
36	2 : 4	3
42	2 : 9	3 : 5
48	3 : 2	3 : 10
54	3 : 7	4 : 3
60	4	4 : 8

Dopo d'aver costrutto l'arco, ed i suoi rifianchi I, N, si costruisce sulle due estremità della larghezza del ponte una muraglia della spessezza di piedi 1 $\frac{1}{2}$ in 2 per contenere la terra, che si soprappone all'arco in altezza di piedi 2 $\frac{1}{2}$ in 3, affinchè il ponte riesca a resistenza di bomba; e siccome l'urto di

questi proietti, ed il transito de' carreggi molto pesanti tendono a sfiancare le materie soprapposte all' arco, così se ne collega la parte più debole DQAH con alcune chiavi di ferro, che attraversano la larghezza del ponte, e nel tempo stesso vincolano le due mentovate muraglie, e le pietre dell' arco. Qualora poi il suolo ne' siti V, X non è formato con materie saldissime, fa di mestiere costruirvi un massiccio di muraglia di grossezza tale, che il ponte resista al transito di pesi gravissimi, dopo del che si fa un lastrico di ciotti sopra la terra, che copre l' arco, ed i rifianchi.

213. Per avere l'equilibrio fra le resistenze de' piè dritti, e la spinta dell' arco aggravato dalle materie sovrapposte d'uopo è ragionare, come nel §. 179, cioè convertire esse materie IREyN in una muraglia della stessa gravità specifica di quella dell' arco, e fissare indi la superficie EBDQq, che serve ad esprimere la spinta, alla quale si aggiugnerà la porzione EPCq, che si compete al massimo peso straniero, che occorrerà transitare sul ponte.

A fine di determinare quest'aggiunta, si consideri, che il divisato peso massimo sia di rubbi 600 applicati in E sopra la serraglia A, si avranno rubbi 300, o sia libbre 7500, le quali graviteranno sull'arco AQ, mentre le altre libbre 7500 agiranno sull' arco AH. Si immagini ora, che le libbre 7500 formino un parallelepipedo, il quale, essendo della stessa gravità specifica della materia dell'arco, abbia per altezza la larghezza del ponte, e per base la superficie EPCq, di cui è cognito il lato Eq, si troverà con tai dati l'altezza EP di essa base, e quindi s' avrà la superficie BPCQD per esprimere il momento della spinta rispetto al punto di contrasto K, e s'avrà lo spaccato DLTKIRqQ per esprimere il momento della corrispondente resistenza, mediante il che si troverà il valore della spessezza TK (§. 171, 172), la quale si dovrà poi accrescere di quella quantità, che si conviene per resistere allo scuotimento, che si produce nell'urto delle bombe, e nel transito de' gravi pesi. Questo accrescimento sarà $\frac{1}{8}$, o al più $\frac{1}{6}$ di TK; ed ove il suolo contiguo nei siti K,M sia saldo per una cert' altezza, come da M fino

in X, ſi coſtruirà il contraſto d'aggiunta, come XN*rt*, alle due eſtremità del ponte. Queſti maſſicci ſi denominano *coſce del ponte*.

214. Qualora poi il fiume ſarà talmente largo, che il ponte dovrà avere più di un arco, converrà in ſimil riſcontro fondare i pilaſtri ſopra ſaldiſſime baſi, e abbarbicarli fortemente col fondo dell' alveo, regolandoſi perciò ſecondo gl' indirizzi dati (Parte II capo III). Queſti pilaſtri dovranno eſſere coſtrutti con groſſe pietre da taglio fra loro ben conneſſe, e, ſe ſia di biſogno, vincolate con forti ſtaffe di ferro, e dovrà in oltre la qualità del calceſtruzzo eſſere tale, che in breve tempo s' induriſca nell' acqua, e vi acquiſti molta adeſione.

215. Nel ſituare i pilaſtri, ſi avranno i ſeguenti riguardi.

1.° Se ne farà il minor numero poſſibile, a fine di non reſtrignere troppo il fluſſo dell' acqua, e ſi procurerà, che nel ſito, ove trovaſi la corrente, o dicaſi il filone AC, ſiano i pilaſtri maggiormente diſtanti gli uni dagli altri. TAVOLA IV. FIGURA 26.

2.° Allo ſteſſo fine ſi diſporrà la lunghezza BM de' pilaſtri ſecondo la di-

rezione AC della corrente, ed affinchè l' acqua non gli percuota direttamente, si muniranno cogli speroni triangolari BFB fatti pure con grosse pietre da taglio.

3.° Si collocheranno altri somiglianti speroni MRM nella parte deretana de' pilastri per impedire gli effetti de' vortici rovinosi, che sogliono formarsi, allorchè l' acqua passa da un sito angusto in un altro assai più largo.

4.° La lunghezza BM de' pilastri dee essere tale, che mediante il peso de' due semiarchi NHZ, che ciascheduno d' essi sostiene, resister possa alla forza della massima piena del fiume, (§.211.n.4). Occorrendo poi che, dopo d' aver determinata questa lunghezza, il ponte riesca ancora troppo stretto, converrà accrescerla, affinchè vi possano passare di fronte due carreggi carichi di robe voluminose, massimamente in que' ponti, che somministrano la comunicazione fra le parti di una città dimezzata; per lo che esigesi la larghezza DG di piedi 12 in circa.

5.° La minor grossezza BB, KK de' pilastri costrutti entro il fiume eguaglierà quella delle imposta de' due se-

miarchi, che sostiene, e si accrescerà questa grossezza, qualora la grand' altezza KL de' pilastri li renderà flessibili, o tremuli. Questo accrescimento si farà però col necessario riguardo di non restrignere mal a proposito il flusso dell' acqua.

6.° I due pilastri, che si faranno alle estremità del ponte, dovranno essere grossi a segno di poter contrastare saldamente tutti gli archi intermedj, allorchè questi saranno aggravati dal transito di un peso considerabile.

7.° L' altezza KL de' pilastri dee regolarsi in modo, che nella massima escrescenza del fiume il pelo dell' acqua non arrivi alle imposte LL degli archi.

216. Per trovare l' equilibrio tra il flusso dell' acqua, e la resistenza del pilastro, convien ricordarsi, che l' azione dell' acqua in movimento è della natura delle pressioni, e quindi l' azione sua contro una superficie immersa nell' acqua si esprime nell' urto diretto con un peso uguale al prodotto $\frac{pSc^2}{38}$, in cui S addita la superficie percossa, c la velocità dell' acqua, e p il peso, che si compete

a un piede cubo d' acqua, il quale, allorchè è torbida, è maggiore di libbre 367. (Instituzioni Fisico-meccaniche §. 579).

Ciò posto, suppongasi in primo luogo che, venendo a cedere il pilastro, scorra sulla sua base da F verso R (§.145), e che nella massima escrescenza del fiume l' acqua arrivi alle imposte L, se chiameremo la superficie percossa $KL=S$, la lunghezza del pilastro $BM=l$, ed il peso di un piede cubo di questa materia $=q$, sarà qlS il peso del pilastro; ma perchè questo peso sminuisce (Idrostatica) per essere il pilastro immerso nell' acqua, se questa diminuzione sarà di $\frac{8}{21}$, il peso del pilastro sarà espresso per $\frac{13qlS}{21}$, al quale aggiugnendo il peso $ql \times ONHZ$ de' due semiarchi HZ, e delle materie sovrapposte, che aggravano il pilastro, s' avrà $\frac{13qlS}{21} + ql \times ONHZ$ pel total peso; e supposto che il pilastro nel trascorrere incontri il minor sfregamento possibile sulla sua base, sarà la sua resistenza espressa per $\frac{13qlS}{21} + ql \times ONHZ$,

e quindi nello stato dell' equilibrio sarà

$$\frac{pSc^2}{38} = \frac{\frac{13qlS}{21} + ql \times ONHZ}{3}.$$

217. Suppongasi in secondo luogo che il piede KL del pilastro sia fortemente contrastato per di dietro nel sito MM, onde, venendo a cedere, sia necessitato ad arruotarsi intorno l'asse MM, in questo caso l' azione, e la reazione si faranno coll' aiuto di leva.

Se l'altezza KL sia $= a$, il centro di percussione Q dell' acqua nella superficie rettangola KKLL sarà distante dalla base KK per $\frac{2a}{3}$, e quindi il momento della forza dell' acqua rispetto al punto di contrasto M sarà espresso per $\frac{2apc^2S}{3 \times 38}$, avvegnachè la direzione di questa forza è orizzontale.

Se il peso totale $\frac{\frac{13qlS}{21} + ql \times NHZO}{3}$ si moltiplicherà per la lunghezza della corrispondente leva $= \frac{BM}{2} = \frac{l}{2}$, s' avrà

$$\frac{\frac{13ql^2S}{21} + ql^2 \times ONHZ}{6}$$ pel momento di questa resistenza, e quindi avremo nello stato dell'equilibrio

$$\frac{2apc^2S}{3 \times 38} = \frac{\frac{13ql^2S}{21} + ql^2 \times ONHZ}{6}.$$

Per esemplificare, sia $a =$ piedi 18, $c =$ piedi 12, S $=$ piedi 72, ONHZ $=$ piedi 150, $p =$ libbre 380, $q =$ libbre 1050, col sostituire questi numeri nella formola, s'avrà

$$\frac{2 \times 18 \times 380 \times 144 \times 72}{3 \times 38} = 1244160$$ pel primo membro, e sarà

$$\frac{\frac{13 \times 1050 \times 72l^2}{21} + 1050 \times 150\, l^2}{6}$$ il secondo membro, e quindi sarà $6 = l =$ BM lunghezza de' pilastri.

218. Nei due precedenti paragrafi si è supposto, che il pilastro sia solamente posato sulla sua base; ma, se questo sarà fortemente abbarbicato nel fondo dell' alveo, e costrutto con materiali molto tenaci, sarà la sua resistenza di gran lunga maggiore per causa dell' adesione nel

sito KK radente il fondo dell'alveo, e questa resistenza verrà ancora accresciuta da quella degli speroni BFB, MRM, che per maggior semplicità del calcolo abbiamo omesso di comprendere nelle formole (§. 216, 217.)

Occorrendo poi, che la corrente dell' acqua sotto il ponte fosse talmente veloce, che, attesa la qualità del fondo dell' alveo, si pericolasse, che l'acqua potesse scavare sotto le fondamenta de' pilastri, converrà in simil riscontro ammortirne il movimento col costruire un sostegno in T alcuni trabucchi distante dagli speroni MRM; dovendo questo sostegno attraversare tutta la larghezza dell' alveo.

PARTE QUARTA

Dei Legnami, e Ferramenti, che s'adoperano nelle fabbriche militari.

219. Il consumo riguardevole, che si fa dei legnami, e dei ferramenti nelle fabbriche militari, rende molto importanti le notizie, che servono a individuare la qualità di queste materie, a misurarne la resistenza, ed a combinare in varie guise i legnami. A tal fine s'adducono in questa quarta parte le principali cognizioni, che al conseguimento del mentovato fine conducono.

CAPO PRIMO.

Della Qualità, e Resistenza de' Legnami.

220. I legnami per le fabbriche si traggono dagli alberi d'alto fusto; questi nel nostro paese sono *la Quercia*, *il Rovere*, *il Castagno*, *l'Abete*, o dicasi *Pino*, *il Noce*, *l'Albero*, *ed il Pioppo.*

Gli alberi delle divisate specie sono tutti propri per formare assi, e travette; ma le travi si ricavano solamente dalle quattro prime specie.

La quercia, ed il rovere si rassomigliano assai, e se ne danno di molte specie, ciascheduna delle quali è preferibile agli altri alberi, ognivoltachè si tratta di qualche lavoro forte, sodo, voluminoso, e che dee durare lungamente: imperciocchè si computa, che i legnami ricavati dalla quercia, e dal rovere durino più d' un secolo, ognorachè sono bene stagionati, e riparati dall' inclemenza delle stagioni; ma in caso contrario si fessurano, si sfigurano, e si discompongono in un tempo molto minore.

Qualora poi la quercia, ed il rovere s' adoperano sotto terra ne' siti acquatici, come avviene alle palificate, che si piantano per assodare le fondamenta di una fabbrica (§. 91), si crede, che durino parecchi secoli.

221. Il castagno dopo la quercia ed il rovere è migliore degli altri: imperciocchè, se questi legnami saranno bene stagionati, si manterranno nel medesimo

ſtato ſenza gonfiarſi, nè feſſurarſi.

In mancanza de' diviſati alberi ſi uſa l' abete, di cui ſe ne danno pure varie ſpecie, fra le quali la migliore è quella, che non produce la pece.

Gli altri alberi (§. 220) ſervono ſoltanto per formare travette, ed aſſi. La rarità del noce lo fa impiegare ſolamente per le chiuſure delle porte, e fineſtre nelle fabbriche civili, ed in parecchi arneſi di caſa; ma nel ruſtico ſi uſano le tavole di rovere, di caſtagno, d' abete, d'albero, e di pioppo.

221. La robuſtezza, che indiſpenſabilmente eſigeſi nei legnami, dipende non ſolo dalla ſpecie degli alberi, da cui ſi ricavano, ma ancora dalla natura del terreno, in cui queſti alberi ſono creſciuti, dal tempo, e dalle circoſtanze, in cui ſi recidono da terra, e dal modo, con cui ſi ſegano i fuſti per convertirli in travi, travette, tavole ec.

Gli alberi di qualunque ſiaſi ſpecie partecipano ſempre della natura del terreno, in cui hanno germogliato. Quelli, che ſi ricavano dai terreni aridi, ghiaioſi, o ſabbioſi, ſono per l' ordinario duri, e di buon uſo; contrariamente quelli

della medeſima ſpecie, che germogliano nei ſiti baſſi, ed acquatici, ſono di qualità inferiore, e meno reſiſtenti. Quegli alberi, che naſcono in ſiti eſpoſti al mezzo giorno, ſono preferibili agli altri, che ſono a ponente, ed aſſai più a quelli, che ſi trovano a mezza notte, eſſendo i primi ſempre più duri, e più groſſi degli altri. Finalmente gli alberi, che creſcono diſtanti gli uni dagli altri, e che ſono ſoggetti ai venti, rieſcono anche più robuſti degli altri, che creſcono nelle ſelve folte, o in luoghi chiuſi.

223. Diſcendendo al particolare ſi oſſerva, che la quercia, il rovere, ed il noce creſcono facilmente nei climi temperati sì in pianura, che in collina nel terreno cretoſo, in quello ſodo e ſaſſoſo, e nel terreno ſabbioſo ed umido, e che in queſto ultimo proſpera anche il caſtagno.

L'albero poi, ed il pioppo, eſſendo alberi aquatici, creſcono facilmente lungo i rivi, o come volgarmente nomanſi *le bialee*, ed altri ſiti umidi; e gli alberi detti *reſinoſi*, come ſono il *pino*, l'abete, volgarmente detto *ſapino*,

o *malegine* , ed altri ſimili naſcono in gran copia dalla metà dell' altezza ſino alla cima de' monti sì nei climi temperati quanto ne' freddi, e il divario, che s'incontra, conſiſte in queſto, che nei climi freddi la loro vegetazione è più lenta.

224. Per poter diſcernere originalmente la robuſtezza de' legnami, d'uopo è conſiderare qualche poco la vegetazione, la formazione, e la teſſitura degli alberi, dai quali ſi ricavano i legni.

Allorchè nella primavera ſi ſemina per eſempio una ghianda, queſta fra poche ſettimane produce una teneriſſima pianticella, la quale, creſcendo fino all' autunno, già contiene ſenſibilmente un filo di materia legnoſa. Alla cima di queſto rampollo, o arbuſcello manifeſtaſi l'anno ſuſſeguente un bottone, o dicaſi una gemma, dalla quale ſi produce un altro rampollo ſimile a quello del primo anno, ma però più vigoroſo, poichè s'ingroſſa, ſi diſtende maggiormente, e s'induriſce nel medeſimo tempo, producendo alla cima un' altra gemma, che contiene il rampollo del terzo anno, e

così

così successivamente, finchè l'albero abbia finito di crescere.

Da questo si scorge, che l'altezza totale dell'albero altro non è, che l'unione di tutti gli annuali rampolli secondo la loro lunghezza, ciaschedun de' quali più non varia nè nell'altezza acquistata nell'anno di sua produzione, nè nella sua grossezza; onde tutto il cambiamento, che in ciascheduno d'essi segue, è il diventare più sodo, e più duro.

Dall' incremento annuale dell' albero in altezza deriva l'incremento nella di lui grossezza. La gemma del rampollo del primo anno riceve il suo nutrimento a traverso la sostanza dell' arbuscello con questa condizione però, che i canali, per li quali passa il sugo nutritivo, si trovano fra la corteccia, ed il filo legnoso. Questo sugo nell' ascendere dilata i mentovati canali, ne' quali deposita anche delle particelle fisse, mentre che la gemma gli allunga col farli crescere in altezza, così che nel terminarsi la vegetazione del secondo anno l'arbuscello contiene nel mezzo un filo legnoso in forma di cono, ed è questo la produzione in legno del primo anno,

ed una tonica legnosa pure conica, che avviluppa il detto primo filo, ed è la produzione legnosa del secondo anno. La terza tonica si forma nel terzo anno come la seconda, e così delle altre successivamente, di modo che il fusto di un albero, ed i rami suoi sono formati dalla moltiplicità dei coni legnosi, riuscendo questi sodi, e duri, eccettuatone il più vicino alla corteccia, il quale comincia a indurirsi soltanto nell'anno susseguente.

Tutti questi coni sono poi fra loro uniti per mezzo di una materia meno soda, ed assai meno resistente, dalla quale nasce la facilità, che s' incontra, allorchè si cerca di spaccare un legno secondo la sua lunghezza.

Allorchè si recide l'albero trasversalmente si possono contare i mentovati coni concentrici, il numero de' quali addita gli anni, che l'albero ha impiegato nel crescere; osservandosi, che questi cerchi concentrici sono più dilatati dalla banda del mezzo giorno, e che sono fra essi più vicini dalla banda della mezza notte; in oltre la curvatura di questi cerchi suol essere sovente irregolare.

225. Col mezzo di questa descrizione sarà facile conoscere le cause delle seguenti modificazioni, che osservansi nella resistenza de' legni.

1.ª Se una travetta, o stanga ha verbigrazia cinque coni legnosi, ed un' altra della medesima grossezza, figura, e qualità ne ha solamente tre, questa ultima, perchè ha due sole unioni, è più resistente della prima, che ne ha quattro.

2.ª Le travette, le stanghette, e gli altri piccioli legni, ne' quali incontransi sovente due, o più porzioni di coni legnosi segati secondo la loro lunghezza, sono più deboli di quelli, che sono formati coi coni interi.

3.ª La positura de' coni legnosi in una stanghetta, essendo assai diversa da quella di una trave ricavata dallo stesso fusto, altera il preciso confronto, che si cerca fare tra la resistenza di questi legni, la quale si manifesta in una proporzione maggiore nella trave.

4.ª Le travette composte con vari segamenti di coni legnosi hanno due posizioni, in una delle quali manifestano resistenza maggiore, quantunque la spes-

ſezza ſia uguale alla larghezza. Allorchè i ſegamenti legnoſi ſono collocati verticalmente, la travetta reſiſte aſſai più di ciò ſuccede, quando ſono poſati orizzontalmente.

5.ª I legni, che ſi ricavano da uno ſteſſo fuſto vicino alle radici, ſono più reſiſtenti di quelli, che ſi cavano dalla cima, perchè la parte dell' albero più proſſima alle radici, eſſendo più vecchia, trovaſi più dura e tenace.

226. Le oſſervazioni addotte nell' antecedente paragrafo s' aggirano intorno i legni tratti dallo ſteſſo albero. Nelle ſeguenti rifleſſioni ſi confrontano i legni ricavati da alberi diverſi, ma della ſteſſa ſpecie.

1.ª I legnami provenuti dagli alberi, che nel medeſimo terreno ſono creſciuti più preſto, ſono più reſiſtenti di quegli eſtratti da alberi, che ſono creſciuti più lentamente, oſſervandoſi, che in queſti ultimi i coni legnoſi ſono più ſottili.

2.ª Il legno giovine è ſempre più debole di un altro vecchio; perocchè, quantunque due travi ſiano uguali nelle loro dimenſioni, ed abbiano ugual nu-

mero di coni legnoſi, quella ricavata da un albero più vecchio rieſce più reſiſtente.

3.ª Il grado di ſiccità, o d'elaſticità diverſifica anche la reſiſtenza del legno, oſſervandoſi, che il verde, e l'elaſtico ſi ſcavezzano più difficilmente del ſecco, ma s'incurvano con maggior facilità.

227. L'età dell'albero, e la maniera di reciderlo da terra contribuiſcono anche al buon uſo de' legnami: imperciocchè, ſe ſi taglia l'albero molto prima, che abbia terminato il ſuo creſcimento, i legni, che da queſto ſi ricavano, non ſono baſtantemente ſodi, e, ſe ſi taglia molto tempo dopo che è terminata la creſciuta, s'incontrano internamente vani conſiderabili.

Il rovere, e la quercia non debbono tagliarſi prima di cento anni, nè più tardi di ducento. Il caſtagno, e gli altri alberi ſi tagliano, allorchè s'oſſerva, che più non creſcono.

A fine poi di accreſcere la reſiſtenza de' legnami è neceſſario, prima di recidere l'albero, di levarli la corteccia in primavera da capo in fondo,

e lasciarlo in tal guisa fino a dicembre dell' anno seguente per tagliarlo poi nel primo, o nell' ultimo quarto della luna; avvegnachè i fluidi in questo tempo si deprimono verso le radici, e col mezzo della divisata operazione s' induriscono anche i coni legnosi, che sono più vicini alla corteccia; onde tutta la grossezza dell' albero può essere impiegata a formare travi, e travette.

Dopo d' aver reciso l' albero da terra, si separano i rami dal fusto, e questo si lascia all' ombra in sito ventilato almeno per un anno, dopo del quale si converte in trave, travette, tavole ec., che si lasciano poi stagionare almeno per un altr' anno prima d' adoperarle ne' coperti, e nelle soffitte delle fabbriche. Ma, qualora si tratta di costruire chiusure di porte, e di finestre, o di fare ordigni, arnesi di casa ec., si debbono lasciar stagionare per un tempo più lungo.

228. Nel fin quì detto si comprendono gli principali indirizzi, e le avvertenze da praticarsi nel tagliamento degli alberi per uso delle fabbriche, affinchè i legni riescano molto resistenti;

ma, ſe occorrerà comperarne di quelli, che ſono già tagliati, ſi potrà fare la ſeguente ſperienza per accertarſi della loro bontà ſenza però omettere le conſiderazioni ſolite farſi dai legnaiuoli per queſto fine.

Si mette ritto in piede il tronco, che ſi vuole eſaminare, e ſopra l'eſtremità ſuperiore ſi getta un poco d'olio d'uliva molto caldo. Se l'albero ſarà creſciuto in ſito acquatico, l'olio ſtriderà, ſiſchierà, o cigolerà; ſe l'albero ſarà creſciuto in ſito ſecco, l'olio s'imbeverà interamente, ed egualmente, ogni-voltachè ſia ſtato reciſo in tempo, che i ſughi nutritivi erano depreſſi, ma s'imbeverà l'olio inegualmente, ſe l'albero è ſtato reciſo in tempo, che i detti ſughi erano in movimento.

A fine poi di conoſcere, ſe il tronco è guaſto internamente, ſi farà percuotere col martello in una ſua eſtremità, tenendo l'orecchio vicino all'altra. Se ſi ſentirà un rumore ſordo, e rotto, ſarà ſegno, che il tronco è guaſto, e ſi ſtimerà buono, e ſano, qualora il ſuono riuſcirà chiaro, e netto.

229. Allorchè non si possono avere tutti i legnami d' ottima qualità, è necessario, nel metterli in opera, di non porre nei siti umidi, o all' intemperie quelli, che sono cresciuti in un terreno acquatico, poichè marciscono in breve tempo.

Si dee pure schivare, fin che si può, di esporre i legni immediatamente al sole, avvegnachè si fessurano, e si scompaginano facilmente, e questi effetti si manifestano maggiori in que' legni, che sono cresciuti ne' terreni sostumosi, ed umidi.

CAPO II.

Misurare la Resistenza de' legni.

230. Le forze, alle quali i legni resister debbono nelle fabbriche, sono della natura delle pressioni.

La resistenza, che imprendiamo a esaminare, è di tre specie relativamente ai coni legnosi, che costituiscono la trave, ed alla direzione, in cui la forza agisce contro il legno.

231. Ha luogo la resistenza della prima specie, allorchè il legno è posto in circostanze tali, che la forza premente tende a schiacciarlo. Per esempio lo scapo AB posato sopra una base saldissima EF ha i suoi coni legnosi nella direzione AB, ed è compresso dal solido CD. I due dorsali HK, i quali reggono il tetto di una casa, comprimono la testa G dello scapo GL, il quale ha i suoi coni legnosi nella direzione GL. TAVOLA V. FIGURA 27.

A fine di distinguere questa specie di resistenza dalle altre due, la chiameremo *robustezza del legno*, la quale dalle sperienze risulta considerabilissima, e di gran lunga superiore alle forze, che nelle fabbriche s'adoperano per vincerla, onde tralasceremo di dire come se ne determini la quantità.

232. Si manifesta la resistenza della seconda specie (§. 230), qualora la forza tende a disunire il legno secondo la lunghezza de' suoi coni. Se dalla trave AB se ne taglierà la porzione ADCH, di modo che si formi il dente CDI, e un puntello FK agirà da F verso D contro questo dente, la resistenza, che questo opporrà nel sito DI per non istac- TAVOLA V. FIGURA 28.

carsi dalla trave AGBI, si farà secondo la lunghezza de' coni legnosi.

Di questa resistenza, che chiameremo *adesione longitudinale del legno*, se ne fa un grande uso per vincolare i legnami. Per esempio verso le estremità della trave, volgarmente detta *somaia*, si fanno due incastri a dente di sega, entro i quali s' appoggiano i due dorsali, che formano il cavalletto per reggere il tetto.

Per misurare questa resistenza basta appoggiare il dente CD sopra un saldissimo contrasto M, e attaccare all'estremità AG un peso Q tale, che produca la disgiunzione DI. Se questo peso si chiami $= P$, la sezione di rottura $= S$, l'adesione longitudinale del legno $= L$, sarà $L = PS$ la formola per questa specie di resistenza.

Importa quì osservare, che il valore di P può nel medesimo legno essere modificato dal numero, e dalla grandezza de' coni legnosi, che s' incontrano nella sezione di rottura, motivo, per cui facendosi queste sperienze con picciole stanghe, per non essere necessitati a usare pesi molto gravi, s' incontra per le

ragioni addotte (§. 225, 226) una adesione minore di quella, che somministrano i gran legni, la qual cosa serve però a cautelare maggiormente la pratica.

233. Ha luogo la terza specie di resistenza (§. 230), allorchè la forza esterna tende a rompere il legno trasversalmente alla lunghezza de' coni legnosi. Questa resistenza trasversale, che chiameremo = T si distingue in *assoluta*, e *relativa*. Se un legno verticale ABCD fortemente impegnato nel solido immobile GF sarà aggravato dal peso Q, egli opporrà la resistenza trasversale in una maniera assoluta, la quale si determina coll' accrescere il peso Q, finchè il legno si schianti in qualche sito KK. Perocchè chiamando la sezione di rottura KK = S, Q il peso, che la produce, sarà T = SQ la formola per questa resistenza. TAVOLA V. FIGURA 29.

Si dee quì osservare che, quantunque queste sezioni di rottura riescano sovente irregolari per causa delle schegge, e delle fibre legnose, nulladimeno nel computo se ne determina il valore colle misure rettangole alla lunghezza del legno, cioè a dire colla minor se-

zione di rottura, che feguir può in quel tal fito.

Si fa ufo di quefta refiftenza nelle fabbriche civili coll' adoperare i legni in forma di chiavi, o legati, volgarmente detti *radici*, le quali fi collocano orizzontalmente nel vivo delle muraglie in tempo della coftruzione per vincolarle fortemente.

234. La refiftenza affoluta, di cui fi è parlato nell'antecedente paragrafo, non può aver luogo nell'ufo, che facciamo de' puntelli, avvegnachè quefti refiftono in una maniera affatto diverfa.

TAVOLA V. FIGURA 30. Se il puntello verticale ABCD avrà le tre dimenfioni talmente combinate, che riufcirà infleffibile, egli refifterà colla fua robuftezza (§. 231), ognorachè le bafi AB, CD faranno ugualmente aggravate in tutti i punti fifici; ma fe il pefo M comprimerà folamente i coni legnofi FG, e le eftremità HK di quefti coni non s' appoggeranno ful contrafto N, in fimil cafo il puntello refifterà coll' adefione longitudinale L = SP, in cui il valore di S riefce molto grande, poichè il puntello non può cedere, fuorchè i coni centrali FGHK fi ftacchino dal

rimanente ſolido ABCD, che loro ſerve di correccia, e diſcendano verſo N.

235. Se poi avvenga, che il puntello ſia fleſſibile, in ſimil caſo la reſiſtenza ſua diventa traſverſale relativa.

Noi ſi ſerviamo di queſta reſiſtenza in diverſe maniere, di cui le principali ſono le ſeguenti.

1.ª Coll' impegnare un legno ſolamente in una ſua eſtremità, e aggravarlo nella ſua lunghezza, come ſono le menſole, che ſoſtengono le pietre de' balconi, che ſporgono in fuori della caſa.

2.ª Coll' adoperare i legni in qualità di puntelli.

3.ª Coll' appoggiare un legno ſulle ſue eſtremità ſenza però vincolarle, e coll' aggravarlo nella ſua lunghezza, come ſono le travi orizzontali de' ponti.

4.ª Coll' aggravare nella lunghezza un legno fortemente fermato in ambedue le eſtremità, come ſono le travi delle ſoffitte incaſtrate nel muro.

Eſſendoſi parlato diffuſamente nella Statica del modo di miſurare la reſiſtenza di un legno nella prima maniera, baſterà quì l' aggiugnere, che queſta reſiſtenza ſi può facilmente convertire nella robu-

TAVOLA V. FIGURA 11. ſtezza del legno. Se una menſola AB ſarà fortemente impegnata nel muro AG, e dovrà reggere un grave peſo collocato in B, ſe s'adatterà per diſotto la ſaetta infleſſibile CD, la reſiſtenza della menſola ſarà convertita nella robuſtezza del legno.

236. Allorchè la lunghezza di un legno è grande riſpetto alle altre due dimenſioni, queſto rieſce fleſſibile in modo tale, che ſe, dopo d' averlo collocato in una direzione verticale, ſe ne aggrava con un peſo l' eſtremità ſuperiore (§. 235 n. 2.), il legno s' incurva a miſura, che è maggiormente aggravato, ſino a romperſi traſverſalmente alla ſua lunghezza; ma ſe lo ſteſſo legno così diſpoſto ſi contraſta fortemente in uno, o più ſiti di ſua lunghezza, la fleſſibilità ſminuiſce conſiderabilmente a ſegno tale, che più non è ſenſibile, ſe i contraſti ſono molto vicini.

Per confermare colla ſperienza la teoria intorno la reſiſtenza de' legni fleſſibili adoperati a guiſa di puntelli, ſi ſono ricavate diverſe ſtanghe da un fuſto di rovere bene ſtagionato, e, collocando una dopo l'altra in poſitura verticale, ſe

ne aggravava l' estremità superiore con un peso, che s' accresceva gradatamente, finchè la stanga si rompeva. In queste sperienze si sono ottenuti i seguenti risultamenti, ne' quali le sezioni di rottura sono riusciute molto irregolari, e di figura diversa in ciascheduna stanga.

		Pesi accomunati, che hanno rotto le stanghe.
Stanghe lunghe piedi 2, e grosse tre quarti d'oncia in quadratura	libbre	1200
Stanghe lunghe piedi 2, e grosse un' oncia in quadratura . . .		2900
Stanghe lunghe piedi 4, e grosse un' oncia in quadratura . . .		710

Altre stanghe lunghe piedi 4, e grosse un' oncia in quadratura, essendo state contrastate saldamente nella metà della loro lunghezza, hanno resistito al peso di libbre 3000 senza rompersi.

237. Dal confronto de' divisati risultamenti si deducono le seguenti conseguenze per li legnami di medesima qualità, i quali, essendo adoperati a guisa di puntelli, hanno la grossezza uguale alla larghezza.

1.ª La resistenza de' legni ugualmente lunghi, e quindi i pesi, che cominciano a romperli trasversalmente, sono in proporzione triplicata delle grossezze.

2.ª I pesi; che cominciano a rompere i legni ugualmente grossi, e diversamente lunghi, sono nella reciproca duplicata delle lunghezze.

3.ª Qualora nei legni varia la grossezza, e la lunghezza, i pesi suddetti sono della diretta triplicata delle grossezze, e nell' inversa duplicata delle lunghezze. Per la qual cosa, se la lunghezza si chiama $= l$, la grossezza $= g$, e il peso, che comincia a rompere il legno, $=$ P, la formola $P = \frac{g^3}{l^2}$ esprimerà le tre divisate conseguenze, le quali sono conformi alla teoria dimostrata nella Statica.

4.ª

4.ª Se i legni flessibili si contrasteranno in diversi siti della loro lunghezza, s' arriverà con tale ripiego a renderli inflessibili, e quindi resisteranno colla loro forza massima. Questo ripiego si osserva cotidianamente messo in opera con molto vantaggio nelle fabbriche, che si van costruendo in questa Capitale, ove, usandosi verticalmente legni molto lunghi, e sottili per reggere i ponti de' muratori, se ne vincola di tanto in tanto l' altezza con legni orizzontali posti in due direzioni, mediante il che tutto l' apparato riesce bastantemente saldo per depositare sopra il ponte i materiali, coi quali si va costruendo il muro, e per camminarvi sopra i lavoranti.

238. Resta ultimamente a considerare la resistenza trasversale relativa de' legni adoperati nella terza, e quarta maniera (§. 235).

Siccome i legni, co' quali si costruiscono i ponti fermi, le armadure de' coperti delle case, e degli archi, le soffitte ec., sono per l' ordinario di figura parallelepipeda, e quindi la minor sezione di rottura trasversale alla loro lunghezza

riesce di figura quadrata, o quadrilunga, così esamineremo la resistenza, che procede da queste due sezioni; essendosi in queste sperienze adoperate diverse stanghe di figura parallelepipeda ricavate da un gran fusto di rovere bene stagionato, e molto duro. Queste stanghe erano di due sorte in riguardo alla loro grossezza, e larghezza. Le prime, che chiameremo A, erano grosse un'oncia in quadratura, e le seconde, che chiameremo B, avevano il lato maggiore d'un'oncia, ed il lato minore della sezione suddetta era due terzi d'oncia. Questi legni si collocavano in una positura orizzontale FK, e posavano sopra due saldi appoggi D, D, e si aggravavano con un peso Q situato in H equidistante dai detti appoggi, il quale si accresceva gradatamente, finchè la stanga a forza d'incurvarsi si rompeva.

TAVOLA V. FIGURA 12.

Alcune delle stanghe B si collocavano sul fianco minore, ed altre sul fianco maggiore, e si è pure variata la distanza $= l$ fra i due appoggi D, di modo che nelle prime sperienze era $l = 2$ piedi, e nelle seconde era $l = 1\frac{1}{3}$ di piede.

239. Nelle ſeguenti ſperienze le eſtremità F,K delle ſtanghe erano libere (§.235. n. 3), ed è ſempre ſucceduto, che i legni ſi ſono rotti nel ſito H, ove era attaccato il peſo Q.

		Peſi accomunati, che hanno rotto le ſtanghe.
Eſſendo la diſtanza $= l$ fra i due appoggi D di piedi 2.		
Stanghe A	. . libbre	1010
Stanghe B ſituate	ſul fianco minore	685
	ſul fianco maggiore	442
Eſſendo la diſtanza $= l$ fra i due appoggi D di piedi $1\frac{1}{3}$.		
Stanghe A	. . libbre	1525
Stanghe B ſituate	ſul fianco minore	1020
	ſul fianco maggiore	670

240. Confrontando i riſultamenti delle ſperienze (§. 239) ſi vede, che la reſiſtenza de' legni poſati ſopra un lato orizzontale della ſezione di rottura è proporzionale al prodotto d'eſſa ſezione nel

lato verticale della medesima diviso per la distanza fra i due appoggi D. Perocchè, se il lato orizzontale si chiama $=g$, il verticale $=m$, e sia $=l$ la distanza fra gli appoggi DD, e il peso, che comincia a rompere, sia $=$ P, sarà $\frac{gm^2}{l}$: P la ragione tra la resistenza del legno, e il peso, che rompe.

Una breve riflessione basta per conoscere, che questa formola è una conseguenza della teoria stabilita nella Statica, e che col mezzo dell'analogia si può determinare il peso, che comincia a rompere un altro legno della medesima qualità diversamente grosso, e co' punti d'appoggio situati in altre distanze.

Abbiasi per esempio una trave, in cui sia $g=\frac{1}{2}$ piede, $m=\frac{3}{4}$ di piede, $l=14$ piedi, e si debba conoscere il peso P, che applicato nel mezzo della distanza $=l$ comincia a rompere questo legno. Si sostituiscano nella formola i numeri presi da una qualsivoglia delle sperienze (§.239), verbigrazia dalla seconda, e s' istituisca l' analogia

$$\underbrace{\tfrac{1}{12} \times \tfrac{1}{18} \times \tfrac{1}{18}}_{2} : 685 :: \underbrace{\tfrac{1}{2} \times \tfrac{3}{4} \times \tfrac{3}{4}}_{14} : P,$$

ed operando si troverà P = 107006 libbre, peso, che nella pratica incontrerassi maggiore per li motivi addotti (§. 225, 226), onde non vi sarà pericolo di errare nel computare la resistenza de' grossi legni su questo fondamento.

241. In queste altre sperienze le estremità F, K delle stanghe erano fortemente fermate negli incastri CD (§. 235 n. 4), ed è sempre succeduto, che i legni si sono rotti in tre siti nel medesimo tempo, cioè nel mezzo H, e radente gli due incastri CD.

TAVOLA V. FIGURA 11.

Pesi accomunati, che hanno rotte le stanghe.

Essendo la distanza $= l$ fra i due appoggi D di piedi 2			
Stanghe A	. .	libbre	1780
Stanghe B situate	ful fianco minore		1205
	ful fianco maggiore		760
Essendo la distanza $= l$ fra i due appoggi D di piedi $1 \frac{1}{3}$			
Stanghe A	. .	libbre	2640
Stanghe B situate	ful fianco minore		1800
	ful fianco maggiore		1150

Da questi risultamenti si ricava pure la formola dell' antecedente paragrafo, e quindi anche l'uso della medesima per determinare la resistenza di una trave di figura parallelepipeda strettamente fermata nelle sue estremità.

242. Se poi si confronteranno le sperienze de' §. 239, e 241, si troverà, che la resistenza de' legni fortemente vincolati nelle loro estremità stà a quella

de' medesimi legni colle estremità libere come 7 : 4. Per la qual cosa, se le travi delle soffitte s'incastreranno saldamente entro il muro, saranno in caso di reggere un peso assai maggiore di quello, che sostengono, qualora sono posate solamente nell' incastro.

243. Se il legno FK sarà situato obbliquamente all' orizzonte, e si voglia conoscere il peso = Q, che attaccato nel mezzo H comincia a romperlo, si cercherà a tenore delle cose insegnate il peso = P, che basta per romperlo nella positura orizzontale; indi dal punto O si tirerà OR perpendicolare alla FK, e considerata OR per seno dell'angolo OHR, ed OH per seno totale, s'avrà OR : OH : : P : Q, peso, che comincia a rompere la trave nella positura obbliqua. TAVOLA V. FIGURA 14.

244. Col mezzo delle date notizie sarà facile misurare la resistenza de' legni in tutte quelle combinazioni, delle quali occorre valersi nelle fabbriche, e si potranno pure usare ripieghi molto opportuni, affinchè i legni oppongano una resistenza maggiore, facendo per esempio che in vece dell' adesione traf-

versale relativa oppongano la loro robustezza (§. 235), o un'altra resistenza maggiore.

Importa quì l' avvertire, che, sebbene dalla formola $\frac{gm^2}{l} : p$ consegua, che coll' accrescere il valore di m, e collo sminuire quello di g in modo, che s'abbia sempre lo stesso valore per la sezione di rottura $= gm$, s' accresca la resistenza del legno posato sul lato minore, nulladimeno una tal cosa non dee aver luogo in pratica, se non se fino a un certo segno: imperciocchè, qualora la disuguaglianza fra questi due lati è troppa, il legno riesce flessibile di fianco, e più non somministra quella saldezza, che si ricerca. Dalla sperienza si ricava, che la ragione più vantaggiosa di $m : g$, sia come $7 : 5$, e che non si possa oltrepassare quella di $5 : 3$ senza che il legno cominci a essere flessibile di fianco. Questa notizia serve fra le altre cose per determinare le dimensioni delle travette, che si ricavano dai
TAVOLA grossi fusti col segarli in diversi sensi.
V. FIGURA 85. Rappresenti ABCD la base quadrata di un fusto già squadrato per essere con-

vertito in travette, e sia di once 12 il lato di questo quadrato; se in vece di dividere AC in tre parti uguali, ed AB in otto per ricavarne 24 travette dell' altezza $= m$ di once 4, e della grossezza $= g$ di once $1 \frac{1}{2}$, si ripartirà AC in quattro parti uguali, ed AB in sei, si ricaveranno pure ventiquattro travette assai più sode delle altre, giacchè in questa seconda maniera si ha $m = 3$ once, e $g = 2$ once, proporzione, che s' approssima assai a quella di 7 : 5.

CAPO III.

Delle Combinazioni semplici, che si fanno coi legni.

245. Sono di due specie i lavori di legno, che si fanno nelle fortezze. Nella prima specie s' adoperano solamente legni grossi, i quali si lavorano grossolanamente, formando con essi ponti di diversa specie, armadure per li coperti delle case, o per ridurre camere a resistenza di bomba in una maniera provvisionale, e cose simili.

L'altra sorta di lavori si fa solamente con legni piccioli, come sono le travette, e le tavole, formando con esse chiusure di porte, e di finestre, telai per esse ec. Noi tralasceremo di parlare di questi lavori, poichè, se si avranno presenti le cose dette nel primo capo di questa quarta parte, si potrà conoscere, se la qualità dei legni sia buona, e colle notizie comuni si discernerà, se questi lavori saranno fatti a dovere.

Le riflessioni adunque di questo, e de' due seguenti capi hanno solamente per oggetto i lavori della prima specie.

246. E' necessario di combinare, e connettere insieme due, o più legni, ognivoltachè un legno solo non basta per resistere a una data pressione. Queste connessioni si possono fare in diverse maniere: imperciocchè in certi casi basta la sola disposizione de' legni, in altri casi poi è necessario fare intagli, incastri, cavità, denti, maschi, e arpioni; in altri casi fa di mestieri inchiodare, o vincolare i legni con corde, o con lame di ferro: e finalmente altri casi si danno, ne' quali è necessario usare due, o più delle divisate maniere.

247. Una combinazione si chiama semplice, allorchè è formata con due soli legni, e si dice composta, se i legni adoperati sono in maggior numero.

Affinchè la combinazione di due, o più legni riesca a dovere, è necessario badare

1.° Alla direzione e quantità della potenza, cui dee resistere.

2.° Alla resistenza, che è propria di ciaschedun legno.

3.° Alla stabilità, che risulta dalla combinazione, procurando di disporre i legni in modo, che siano saldissimi nei loro punti d'appoggio, e, fin che si può, oppongano la maggior loro resistenza, cioè la robustezza in vece della tenacità assoluta, e questa in vece della relativa.

248. Allorchè un legno disposto secondo la direzione, in cui la potenza agisce, s'appoggia perpendicolarmente sulla superficie di un altro legno, che li serve di contrasto, non è necessario in simil caso di fare intagli, nè denti per rendere salda la combinazione. Se lo scapo ABG somministra un contrasto immobile al puntello CD, il quale im- TAVOLA VI. FIGURA 36.

pedifce, che il corpo Q, premendo nella direzione CD, non trafcorra ful piano inclinato KL, non farà neceffario verun incaftro, nè mafchio, ognivoltachè il legno CD farà perpendicolare fulla fuperficie GH dello fcapo; avvegnachè quefta combinazione riefce più falda a mifura, che il pefo Q è maggiore; ma, fe non fi potrà difporre CD perpendicolare fopra GH, converrà fare incaftri, incavi, denti, mafchi ec. nei legni da combinarfi.

Quefti intagli fi fanno diverfamente fecondochè la combinazione dee refiftere a una, o più forze, e conforme a che le direzioni di quefte preffioni efiftono nel medefimo piano, o in piani diverfi. Efaminiamo ciafcheduno di quefti cafi feparatamente.

TAVOLA VI. FIGURA 57. 249. Se il legno CD preme contro il legno AB da D verfo C in una direzione obbliqua, converrà fare l'intaglio EFG, che fia rettangolo in F, di modo che il legno CD vi fi adatti efattamente colla fua eftremità C, e, fe quefto farà competentemente groffo, s' intaglierà come *mno*, affinchè la conneffione de' due legni riefca più forte.

Questa stessa combinazione serve pure, quantunque il legno AB fosse aggravato da altre pressioni HC, KC, le cui direzioni sono comprese nel quadrante HKD.

Questi medesimi incastri servono anche allora quando la potenza agisce in una direzione diversa da quella de' legni. Se si collocheranno i legni AB, CD, come nella disposizione fig. 38, e si aggraveranno con un peso Q, la combinazione riuscirà più salda a misura, che il peso sarà maggiore, purchè le estremità A, D de' legni siano saldamente arrestate nel suolo. TAVOLA VI. FIGURA 11.

250. Se diverse potenze, le cui direzioni giacciono nel medesimo piano, agiranno contro lo scapo AB per mezzo del legno CD, e queste direzioni saranno comprese nel semicerchio ADB, l' intaglio si farà come ILPQ, e, se CD sarà di competente grossezza, si farà in una sua estremità il dente *rstu* più largo verso *st*, volgarmente detto *a coda di rondine*, nel qual caso l' incastro ILPQ dovrà essere similmente configurato, affinchè la connessione riesca esatta, e salda. TAVOLA VI. FIGURA 19.

In questa disposizione si scorge, che il legno AB resiste colla sua robustezza alla pressione perpendicolare CD, e resiste colla sua adesione longitudinale alle forze TI, RQ, le quali tendono a produrre le fessure LM, PO. Quanto poi al legno CD la resistenza sua si fa coll' adesione relativa nel sito *ur*, ove le forze suddette tendono a romperlo.

TAVOLA VI. FIGURA 40. 251. Se le direzioni delle potenze saranno in piani diversi, e per esempio dalla superficie di un emisfero tenderanno verso il centro, in simil caso, nel mezzo della grossezza del legno AB si farà un incavo EFGHKL di figura parallelepipeda, il quale dovrà essere capace di ricevere l' estremità C del legno CD senza però debilitare soverchiamente i fianchi del legno AB. Ove poi il legno CD sia molto largo, si farà in una sua estremità il dente *mn*; ma, se sarà largo, e grosso assai, vi si praticherà il maschio *pq* corrispondente alla grandezza, e figura dell' incavo EFGHKL.

In questa connessione si scorge pure, che il legno AB resiste colla sua robustezza alla potenza, che agisce nella direzione dell' incavo, e che resiste coll'

adesione longitudinale, qualora le forze premono in una direzione obbliqua alla CD, e che l'altro legno CD resiste coll' adesione relativa trasversale, allorchè è spinto in direzione obbliqua alla sua lunghezza.

252. Altri intagli, e denti si fanno per combinare insieme due, o più legni. Se si dovranno connettere nelle estremità i legni AB, CD per formare la combinazione E, si farà in uno d'essi l'incastro *fghi*, e nell'altro si praticherà il corrispondente maschio K di figura parallelepipeda; ma si farà a coda di rondine l'incavo *mnop*, col rispettivo arpione L nell'altro legno, ognorachè ambedue i legni saranno sufficientemente grossi; e contrariamente, se questi saranno sottili, se ne taglierà da ognuno d'essi un pezzetto *qq* di figura quadrata, che si scaverà sino alla metà della grossezza. Quest' operazione si chiama dagli artieri *incastrare a mezzo legno*, e si pratica specialmente per connettere i legni in forma di croce, come RS. TAVOLA VI. FIGURA 41.

253. Volendo ora applicare alla pratica le divisate notizie, addurremo tre combinazioni semplici molto utili, e trat-

teremo ne' due capi ſeguenti delle combinazioni più compoſte.

TAVOLA VII. FIGURA 42. Debbaſi in primo luogo connettere i legni AB, CD in modo, che ſi formi un compleſſo di maggior groſſezza. Nel legno CD ſi taglieranno le parti FMI, GLO per avere il maſchio MIOL a coda di rondine. Nel legno AB ſi farà l'incaſtro PQRS delle corriſpondenti miſure, e ſi appianeranno in ambedue i legni le ſuperficie, che ſi debbono combaciare; dopo del che s'adatteranno di fianco i legni, e a colpi di martello ſi conficcherà l'arpione nel ſuo incaſtro.

Se i legnami ſaranno molto lunghi, ſi moltiplicheranno i denti, e gl'incavi, la profondità de' quali ſarà tra $\frac{1}{2}$ ed $\frac{1}{4}$ della groſſezza de' legni.

Queſta conneſſione è aſſai reſiſtente per ſe medeſima, e non abbiſogna di verun altro legamento, ſalvo che doveſſe pure reſiſtere nella direzione, in cui ſono ſtati conneſſi i legni, nel qual caſo ſarà neceſſario inchiodarli colle caviglie di ferro XZ, le quali paſſano da parte a parte, e ſono ribattute nelle

eſtremità

eſtremità ZZ, o rattenute per mezzo di chiavette, o di madreviti.

254. Le combinazioni per accreſcere la lunghezza de' legni ſi fanno diverſamente ſecondo le funzioni, alle quali ſi deſtinano, avendo anche il dovuto riguardo alla loro groſſezza.

Se i legni ſi vorranno allungare per TAVOLA
ſervirſene verticalmente, come ſi pratica VII
talora nel formare i ponti de' muratori, FIGURA
vi ſi potrà divenire per mezzo de' ſe- 41.
guenti intagli. Nelle combinazioni A, B gl'intagli ſono ſimili ed uguali in ambedue i legni combinati, e fatti ad angolo retto ſecondo la larghezza *qr* del legno, e ſi fanno pure rettangoli, come *pq*, ſecondo la lunghezza, come nel legno A, denominati eſſi intagli *a mezzo legno*, e meglio ancora in una direzione *qs* ficcante, come nel legno B, detti *a coda di rondine*. Se i legni ſaranno più groſſi, ſi faranno gl'intagli D denominati *a forbice*, o pure, come in E, detti *a riſalto*, e, ſe i legni ſaranno ancora più groſſi, gl'intagli ſi faranno *a doppio riſalto*, come in F, o pure *a due denti*, come in M.

Tutte queste unioni sussistono da per se stesse, finchè la pressione si fa nella direzione a piombo, in cui sono situati i legni, e che questi sono inflessibili, o resi tali per mezzo de' convenienti contrasti; ma, se vi sarà pericolo, che una qualche forza agisca trasversalmente alla lunghezza de' legni, in simil caso s' inchioderanno nel sito della loro unione, o si vincoleranno fortemente con corde, con lastre, o con staffe di ferro.

255. Se la tenue grossezza de' legni non permetterà di usare qualcheduno de' divisati intagli, se ne accrescerà la lunghezza in una delle seguenti maniere.

TAVOLA VII. FIGURA 44. Nella combinazione DA si osservano due legni fra loro connessi per mezzo delle due braghe di ferro M, M. Nella combinazione QL il legno superiore Q è connesso coll'inferiore L per mezzo di una fascia N di ferro, ed è in oltre sostenuto dal contrasto O*p*, volgarmente denominato *gatello*, inchiodato al legno L in modo, che la superficie CO, su cui s'appoggia il legno Q, è orizzontale. Finalmente nella combinazione CG il legno superiore C s'appoggia colla sua estremità *aa* sull' infe-

riore G in modo , che le due ſuperficie , che ſi combaciano , ſono orizzontali. Le travette *b b* inchiodate ai due legni ſervono a ritenerli nella medeſima direzione , e per maggiormente aſſicurarſi , che i legni ſi mantengano in queſta poſitura , s' adoperano le legature *ff* fatte con corde , o con faſce di ferro.

256. Se i legni da congiugnerſi ſecondo la loro lunghezza dovranno adoperarſi orizzontalmente per ſervire in qualità di trave , volgarmente detto *ſomaro*, od in altro equivalente uſo , la conneſſione ſi farà come ſegue.

S' intaglieranno i legni a riſalti colle eſtremità a coda di rondine , come ſi oſſerva nella combinazione A. Nel mezzo della conneſſione ſi farà un buco B di figura piramidale tronca , entro cui ſi conficcherà a colpi di mazzuolo un cuneo di legno forte ſimilmente configurato , finchè paſſi da parte a parte. TAVOLA VII. FIGURA 45.

Occorrendo , che i legni foſſero molto groſſi , ſi faranno gl' intagli a doppio riſalto , come ſi oſſerva nella combinazione C ; dovendo tutti eſſi intagli eſſere fatti a dovere , affinchè nel conficcarſi il cuneo entro il buco B , le

parti incaſtrate s' adattino eſattamente, e ſtrettamente.

Se qualche forza dovrà agire traſverſalmente alla lunghezza de' legni congiunti, s' inchioderanno con forti caviglie di ferro KL ſaldamente arreſtate per diſotto.

Se nel mettere in opera queſta combinazione le eſtremità M de' legni congiunti s' appoggeranno ſopra due ſaldi contraſti, e nel mezzo G delle congiunzioni vi ſarà pure un appoggio per diſotto, più non ſarà neceſſaria verun' altra diſpoſizione. Ma ſe, atteſe le circoſtanze, non potrà aver luogo l' appoggio in G, onde dovrà la parte conneſſa ſtare in aria, in ſimil caſo ſe ne rinforzerà la reſiſtenza con un altro legno TVT incaſtrato a coda di rondine in modo, che la lunghezza HI del maſchio ſuperi circa della metà la lunghezza DP della conneſſione, e la parte NT ſopravanzi pure per un' altra metà, ed affinchè tutto il compleſſo rieſca più aderente, ſi ſtrignerà fortemente con alcune caviglie di ferro RR.

CAPO IV.

Delle Combinazioni composte, che si fanno coi legnami, e particolarmente delle Armadure per li tetti, per sostenere le centine degli archi, e delle volte, e per ridurre a resistenza di bomba volte sottili, e soffitte.

257. Fra le combinazioni composte, che nell'Architettura militare si fanno con legnami, alcune debbono sussistere lungamente, come sono le armadure dei coperti, ed i ponti permanenti; altre poi basta, che durino pochi mesi, come sono le armadure per sostenere le centina degli archi, e delle volte, i ponti, che in certi riscontri di guerra si fanno per poterli poi distruggere con molta facilità; e prestezza.

Nell' ideare le combinazioni della prima specie si ha per massima di procurare, fin che si può, che queste sussistano da per se, senza che sia necessario valersi delle braghe di ferro, o di altri somiglianti legamenti.

258. Se le travi AB, AD inclinate all'orizzonte ST avvolgono coi loro in-

tagli CBC, FDF gli angoli S, T dei muri verticali SP, TQ di maniera che il tetto ſovrappoſto a queſte travi ſia ritenuto in alto dalla reſiſtenza dei due muri, la preſſione, che il peſo del tetto eſercita contro queſti muri, ſi fa nella direzione delle travi, la quale, eſſendo obbliqua alla poſitura dei muri, tende a roveſciarli eſternamente verſo E, G fig. 46 n. 1. Ma, ſe le travi inclinate AB, AD s'appoggeranno con una loro eſtremità ſulla muraglia di mezzo KM, e coll' altra eſtremità B, D ſopra i muri eſterni SP, TQ, la preſſione, che una parte del peſo del tetto eſerciterà contro eſſi muri eſterni, ſeguirà pure in una direzione obbliqua ai medeſimi eſpreſſa dalle BL, DH perpendicolari alle travi; preſſione, che tende a roveſciare i muri SP, TQ verſo l'interno L, H della fabbrica fig. 46 n. 2.

TAVOLA VIII. FIGURA 46.

259. A fine di eſcludere le mentovate preſſioni obblique ſono ſtati ideati i cavalletti, pel cui mezzo tutta l'azione del coperto ſopra i muri, che lo ſoſtengono, ſi riduce nella direzione a piombo.

ABC rappresenta un cavalletto dei più semplici, che si usano nelle armadure per li coperti. Egli è formato con tre travi, ed uno scapo; la trave BC, volgarmente detta *il somiero*, è più lunga delle altre, e si colloca orizzontalmente su i muri G, G. Le due travi AB, AC sono fra esse uguali, e si chiamano *dorsali*, i quali sono sempre inclinati, e contrastano in una loro estremità colla testa A del *bolzone* AD, e coll'altra s'incastrano nel somiero BC. TAVOLA VIII. FIGURA 47.

Questa combinazione sussiste da se medesima per mezzo degli intagli fatti nella testa del bolzone, e nelle estremità del somiero, facendosi poi questi ultimi intagli a doppio risalto, allorchè i legni sono molto grossi.

Qualora il somiere è corto, basta vincolarlo col bolzone per mezzo di un listello di legno EF inchiodato in ambedue le estremità, a fine di assodare la combinazione contro qualsivoglia forza trasversale, che accidentalmente venisse ad agire contro il bolzone; ma, se il somiere sarà lungo, s'adopererà una braga di ferro KH, che avviluppandolo per disotto, sia poi fortemente TAVOLA VIII. FIGURA 49.

vincolata col bolzone EAF per mezzo della caviglia di ferro K, affinchè il detto ſomiere non s' incurvi nella ſua lunghezza, ma rieſca ſalda tutta la combinazione.

260. Nelle armadure de' coperti ſi collocano i cavalletti fra loro diſtanti piedi ſei in dieci, ſecondochè ſi conviene alla fabbrica, affinchè queſti gravitino ſempre ſul vivo delle muraglie, cioè a dire ſu quella parte di eſſe, che trovaſi fra due fineſtre, e ſi connettono ſcambievolmente col mezzo di legni più piccioli SS (fig. 47) molto lunghi, denominati volgarmente *paradoſſi*, ſopra de' quali s' inchiodano poi molti liſtelli ſituati nella direzione medeſima de' dorſali; indi ſi copre l' apparato con due ordini di tegole.

In queſta diſpoſizione ſi ſcorge, che ciaſchedun cavalletto ſoſtiene il peſo del coperto intercetto fra due di eſſi, e che queſto peſo, eſſendo facilmente noto, ſi può a tenore delle coſe inſegnate nel Capo II. determinare la groſſezza neceſſaria ne' legni, che formar debbono il cavalletto, purchè s' abbia l' avvertenza di comprendere in queſto peſo quell'al-

tro delle nevi, che in tempo d'inverno ſi fermano ſul coperto.

261. Occorrendo, che le fibre de'legni nel ſito degl' intagli B foſſero diſpoſte in modo tale, che ne rendeſſero dubbia la reſiſtenza, ſi farà più lunga la parte BH, ſe il difetto ſarà nel ſomiere, e ſe la magagna ſarà nel dorſale, s'incaſtrerà col doppio riſalto *m n*, e ſi vincolerà eziandio la combinazione con una braga di ferro *Zy*; avvertendo però, che queſta braga non faccia la forza principale, ma ſia più toſto una mera precauzione. TAVOLA VIII. FIGURA 48.

262. Allorchè i dorſali ſono molto lunghi, o troppo ſottili, ſe ne accreſce la reſiſtenza col mezzo de' puntelli DE, FG denominati *ſaettoni*, o *ſaette*, ſecondochè ſono più, o meno groſſi. Queſti legni ſi debbono incaſtrare negli intagli E, F fatti nel bolzone, e negli altri D,G praticati nei dorſali in modo, che le ſaette ſtieno nel loro ſito da per ſe, ſenza che ſia neceſſario uſare alcun vincolo per mantenervele. TAVOLA VIII. FIGURA 49.

La poſizione più vantaggioſa di queſte ſaette s' incontra nell'angolo retto BDE; e ſe in queſta diſpoſizione le ri-

manenti porzioni BD, CG de' dorsali riusciranno ancora troppo lunghe, si potrà l'angolo suddetto dilatare fino a gradi 120, a fine di avvicinare il punto D all'estremità B, o pure si useranno le saette a due ordini, ognorachè il bolzone sarà bastantemente lungo.

TAVOLA VIII. FIGURA 50. 263. Finalmente, se molto lunghi saranno i dorsali, converrà rinforzarli, come si osserva nella figura 50, in cui, dopo d'aver formato il cavalletto semplice ABC, nei siti D, D distanti da A due quinti in circa di AB si sono adattati i bolzoni DE, i quali sono contrastati per disotto dai dorsali più piccioli *fg*, e nella parte superiore sono ritenuti dal legno orizzontale KK; dovendo tutti gl'intagli, ed incastri essere fatti colle debite avvertenze, affinchè i legni sieno saldi nei loro siti, senza che per ciò sia necessario inchiodarli, o usare qualche altro vincolo. Ove poi per qualche particolare motivo la lunghezza AD dovesse essere la metà di AB, in simil caso si adatteranno anche i legni *mm* contrastati dal bolzone AL, e dal legno traverso KK.

Il ſomiere BC dei gran cavalletti ſuole eſſere formato da due travi conneſſe. In queſto caſo fa di meſtiere ſoſtenerlo per diſotto col mezzo delle braghe di ferro EP fortemente attaccate ai bolzoni DE.

Le coſe dette ne' quattro precedenti paragrafi comprendono i principali indirizzi per connettere ſodamente i legnami, che ſoſtener debbono il tetto di una fabbrica, e ſervono queſti indirizzi per ideare altre combinazioni ancora più compoſte.

264. Allorchè il tetto è formato con tegole, o con ardeſie peſanti, le quali non s' inchiodano all' armadura, i cavalletti non debbono avere più di due terzi di monta, nè dee queſta eſſere minore della metà, cioè a dire che l' altezza verticale AQ ſarà tra $\frac{1}{3}$ ed $\frac{1}{4}$ di BC; poichè, ſe ſi fa maggiore, le tegole, e le ardeſie ſtentano a fermarſi nel loro ſito, e, ſe ſi fa minore in que' paeſi, ove la neve ſoggiorna, avviene, che nelle precipitoſe liqueſazioni della medeſima ſi formano molti ringorghi nel tetto, per cui l'acqua ſtilla, e gocciola entro la fabbrica.

Se poi le case si copriranno con ardesie molto sottili, o con pianelle inverniciate, siccome in questo caso è sempre necessario d'inchiodarle una a una ai listelli dell'armadura, così la monta del coperto essere dee notabilmente maggiore di $\frac{1}{3}$.

265. Due sono i ripieghi da praticarsi nel ridurre a resistenza di bomba in una maniera provvisionale le volte sottili, e le soffitte. Consiste il primo nel sovrapporre alla volta, o alla soffitta tal quantità di materia molle, che ammortisca l'urto della bomba a segno, che questa nel penetrare le dette materie non arrivi sino alla volta; e si pratica il secondo ripiego col mezzo di puntelli, ed armadure congegnate sotto la volta, per abilitarla a resistere alla pressione delle materie sovrapposte, ed a quella scossa, che la bomba produce nell'urtare le materie molli.

Nell'ideare gli apparati de' legnami, che si applicano al disotto delle volte, e delle soffitte per accrescerne la resistenza, si dee avere per massima di disporli in modo, che non isminuiscano

il ſito, che ſi vuol ridurre a reſiſtenza di bomba. Per eſeguire queſta maſſima fa di meſtiere badare alla qualità, ed alla groſſezza delle muraglie, a fine di determinare i punti d'appoggio delle armadure, e la direzione, in cui le medeſime debbono premere. A tal fine ſupporremo le muraglie in tre ſtati diverſi, cioè

1.° Molto reſiſtenti.

2.° Di una reſiſtenza competente.

3.° Poco reſiſtenti.

E per ciò, che alla volta s'appartiene, lo ridurremo a due caſi ſoli, cioè

1.° Qualora la groſſezza della volta è alquanto minore delle miſure aſſegnate (§. 205, 206, 207).

2.° Allorchè la volta è molto ſottile.

Finalmente diſcorrendo della figura delle volte, noi tratteremo di quella a botte, avvegnachè queſta occorre più ſovente nelle fabbriche militari, e quanto ſi dirà della medeſima, ſi potrà facilmente applicare alle volte, che avranno una figura diverſa.

266. Suppongaſi in primo luogo, che le muraglie, ſu cui è impoſtata la volta, ſiano molto reſiſtenti, e la ſpeſſezza

TAVOLA VIII. FIGURA 51. d'essa volta sia qualche poco mancante al bisogno, e ben rinfiancata, basterà, che in tutta la lunghezza della serraglia A si sottoponga un legno D di grossezza once 3 in 5, il quale sarà ritenuto in tal sito dai saettoni EF incastrati negli incavi F fatti nel muro; e se vi sarà dubbio, che i saettoni riescano flessibili, si contrasteranno nella metà della loro lunghezza coi legni G, T.

TAVOLA VIII. FIGURA 52. Se poi la volta sarà molto sottile, ma ben rinfiancata, converrà applicare due altri legni H simili, e paralleli al primo D, e sarà la distanza AH la terza parte in circa dell'intervallo tra la serraglia A, e l'imposta B della volta. Questi tre legni saranno ritenuti nel loro sito per mezzo del bolzone orizzontale *mKm*, il quale sarà contrastato al di sopra dai legni *fg*, e per disotto dai saettoni P*q* incastrati negl'incavi *qq*; dovendosi poi aggiugnere i contrasti R, se i saettoni riusciranno flessibili.

Le armadure *gfm*P*q* per contrastare i legni D, H saranno fra esse distanti tra $\frac{1}{2}$, e $\frac{3}{4}$ del vano della volta, e si dovrà nel determinare questa distanza

avere anche riguardo alla groſſezza de' legni.

Una breve conſiderazione fatta intorno le combinazioni delle figure 51, e 52 baſta per conoſcere, che le muraglie ſoſtengono tutta la preſſione della volta, e delle armadure, e che il piano CC della camera è affatto libero, e quindi capace a contenere un numero maggiore di perſone, e di altre coſe.

267. Se le muraglie, che ſoſtengono la volta, faranno ſoltanto di competente reſiſtenza (§. 265 n. 2), ſi potrà far ſoſtenere da queſte tutto lo sforzo dell' armadura, o una porzione ſolamente a ſeconda de' diverſi gradi di reſiſtenza, di cui ſi giudicheranno capaci eſſe muraglie, purchè s' abbia l' avvertenza di ridurre nella direzione a piombo la preſſione delle armadure ſulle muraglie, in vece che nel paragrafo antecedente la preſſione ſuddetta ſi fa in una direzione obbliqua.

A tal fine al diſotto delle impoſta B ſi faranno ne' piè dritti BC gl' incaſtri G, ne' quali s' adatterà orizzontalmente la trave KK, indi s' applicherà lungo la ſerraglia A il legno D, e queſto TAVOLA VIII. FIGURA 51.

verrà ritenuto in tal sito dal cavalletto
TAVOLA IX. FIGURA 54. KLK. Questi cavalletti si collocheranno fra loro distanti $\frac{3}{4}$ in circa del vano della volta; e se le circostanze del sito esigeranno di situarli più distanti, o il legno D non sarà bastantemente grosso, converrà rinforzarlo con un legno minore S, S ritenuto dalle saette SI incastrate nelle estremità I I de' bolzoni LI.

In questa disposizione si scorge facilmente, che tutto lo sforzo si fa sulle muraglie in una direzione a piombo, e serve per le volte, che sono alquanto più sottili del dovere; ma, se queste saranno molto sottili, o il vano della volta sarà grande, converrà anche adattare i legni H distanti dalla serraglia A, come
TAVOLA IX. FIGURA 55. già s'è detto, contrastando tutti essi legni pel mezzo de' bolzoni LI, *mn*, i quali s'appoggeranno immediatamente al zoccolo O situato sulla trave KK, e saranno essi bolzoni ritenuti in una loro estremità dai legni K*m*, L*m*, e per disotto dal puntello verticale P*q* appoggiato sul cuscinetto *r*.

In quest' altra armadura si osserva pure, che la pressione si fa in una di-

rezione

rezione a piombo, e che le muraglie ne sostengono solamente una porzione, essendo l'altra porzione sostenuta dal puntello P*q*.

268. Finalmente, se le muraglie, che sostengono la volta, saranno di poca resistenza (§. 265 n. 3), converrà ridurre lo sforzo dell'armadura nel suolo della camera. Se la volta sarà soltanto qualche poco più sottile del dovere, e ben rinfiancata, basterà adattare sotto della serraglia il legno D contrastato dal puntello EF appoggiato sul cuscinetto G; e occorrendo, che il puntello, per essere troppo lungo, riesca flessibile, si contrasterà coi legni IL, non dovendosi usare i saettoni TI per non imbarazzare troppo il vano della camera. TAVOLA IX. FIGURA 56.

Se i rifianchi della volta non oltrepasseranno la metà del quadrante AB, si contrasterà essa volta coi puntelli disposti come nella fig. 56 n. 2, e tanto in questo caso come nel precedente si regolerà la distanza fra i puntelli come è stato detto nell'antecedente paragrafo, e si userà pure il ripiego di rinforzare per disotto il legno D, qualora se ne conoscerà il bisogno.

TAVOLA IX. FIGURA 17.

Se poi la volta avrà un gran vano, ed i rifianchi BP saranno come sovra icarsi, si adatteranno nei siti soliti i tre legni H, D, H assai più larghi, e si contrasteranno per mezzo dell'armadura K*mn*LI. La trave orizzontale KK si collocherà corrispondentemente alle imposta B, e sarà sostenuta dai puntelli EF appoggiati sopra i cuscinetti G, e verrà rinforzata nel mezzo da un legno *pp* ivi rattenuto dai saettoni *pq*. In questa disposizione si vede facilmente, che tutto lo sforzo va a terminarsi nei cuscinetti G, G, e che s'imbarazza pochissimo l'interno sito T della camera.

Nelle divisate combinazioni §. 266, 267, ed anche in queste si dee sempre porre ogni cura, perchè i legni H,D,H combacino esattamente la volta in tutta la sua estensione, dovendosi supplire alle loro irregolarità con fieno sodamente attortigliato, con pezzi di tavola, ed altre simili cose conficcate a forza entro i vani, che s'incontreranno tra la volta, e le irregolarità de' legni suddetti.

Le divisate armadure possono anche servire per sostenere le centina, che si collocano nella costruzione delle volte,

e degli archi, che hanno a sostenere un gran peso.

269. Occorre talora, che si debbono sottomurare pilastri, su i quali sono impostati archi, che sostengono una parte riguardevole di qualche fabbrica. In simil caso è necessario sostenere essi archi per disotto, affinchè si possa sottomurare a dovere, la qual cosa s'ottiene per mezzo di un' armadura simile, o equivalente a quella della fig. 58, dovendo i legni H, D, H essere lunghi tanto che basta per adattarsi in tutta la spessezza dell' arco, ed i puntelli FG, LQ essere vincolati per mezzo dei legni traversi MM, NN, ne' quali si fanno i corrispondenti incastri, e s' inchiodano, a fine di togliere ogni flessibilità ai puntelli suddetti. TAVOLA IX. FIGURA 58.

In questa disposizione è necessario incastrare qualche poco i legni CC nell' arco, affinchè, adattando una simile armadura sotto all' altro arco VR, e facendo pure l' incastro in V, si possa con tale disposizione sostenere tutto il peso, che soprasta al pilastro SZT, che si vuole sottomurare, e ridursi esso peso ai due cuscinetti E.

270. Le fin quì addotte combinazioni bastano per contrastare le volte, che hanno un vano minore di piedi 15, ma se il vano sarà maggiore, si esigerà un maggior numero di legni H, D, H adattati, come si disse, e converrà usare armadure più composte per contrastarli.

TAVOLA IX. e X. FIGURE 59. e 60. Nelle figure 59, e 60 s' osservano due combinazioni fra loro diverse, ed assai proprie per essere adoperate nelle volte, e negli archi, che hanno un gran vano, e s' osserva pure, che tutto lo sforzo delle armadure va terminarsi nei cuscinetti E, E formati con grossi scappi. La combinazione della fig. 60 è del famoso Michel Angelo Buonaruota, che la ideò per servirsene nella cupola di di S. Pietro in Roma.

271. Per ridurre a resistenza di bomba la soffitta AA, se ne dee prima d'ogni cosa accrescere la grossezza, collocando uno strato di travi contigue CC di once 7 in 8 di spessezza, o due strati, se le travi saranno solamente di once 4 in 5. TAVOLA X. FIGURA 61. Ciò fatto, se le muraglie MN saranno di competente resistenza, si lascerà che queste sostengano una parte della pres-

ſione, contraſtando a tal fine la trave DD coi puntelli verticali FH, GK diſtanti dalle muraglie, e fra eſſi piedi 4 in 6, ed occorrendo che le travi DD, le quali ſoſtengono la ſoffitta, foſſero fra loro troppo diſtanti, o troppo deboli, in mezzo e parallelamente a ognuna d' eſſe ſe ne adatterà un' altra ſoſtenuta ſolamente da puntelli, ſenza che ſia neceſſario incaſtrarla nel muro.

Nell' eſeguire queſta diſpoſizione importa ſommamente badare, che le travi CC combacino eſattamente la ſoffitta AA, e in caſo, che abbiano una figura irregolare, vi ſi ſupplirà con pezzetti di tavola frappoſti nei vani.

In queſt' armadura ſi ſcorge facilmente, che le muraglie MN ſoſtengono una parte della preſſione per cauſa della trave DD, e che il rimanente della preſſione ſi trova ridotto ai cuſcinetti LL, ſu cui s' appoggiano i puntelli.

272. Se poi le muraglie TT faranno poco reſiſtenti, converrà ridurre la preſſione dell' armadura al ſuolo della camera. Perocchè, dopo d' aver ſituato uno, o due ſtrati di travi contigue CC, MM in modo, che il ſuperiore attra- TAVOLA X. FIGURA 62.

versi le travi inferiori CC, si collocheranno in attinenza delle muraglie i puntelli verticali NN appoggiati su i cuscinetti O, O per contrastare la trave BB, la quale si rinforzerà nel mezzo della sua lunghezza coi legni RR, RQ; col qual mezzo tutta la pressione si troverà ridotta sul suolo, e l' interno della camera riuscirà più libero di ciò s' ottenga nella figura precedente.

273. Se sotto il piano della camera s' incontrerà un sotterraneo, e la volta, che lo divide dalla camera superiore, sarà per la sua sottigliezza insufficiente a sostenere la pressione de' cuscinetti O,O, due sono i ripieghi da usarsi in simil riscontro. Consiste il primo nel puntellare per disotto la volta corrispondentemente al sito de' cuscinetti, e si praticherà il secondo ripiego coll' incastrare nel muro la trave SPS, sulla quale si ridurranno poi gli appoggi dell'armadura nei siti O,O radente il muro. Con tale ripiego si opporranno contrasti fortissimi, ognorachè il piano VV della contrada sarà nello stesso orizzonte colla trave SPS.

274. Dopo d' aver così rinforzate le volte, e le soffitte, nulla più rimane se

non se di soprapporvi terra tenace, e ben compressa per l'altezza di piedi $2 \frac{1}{2}$ in 3 (§. 265), ognivoltachè il sito, in cui l'assalitore potrà collocare la sua batteria, sarà nello stesso orizzonte della camera, che si riduce a resistenza di bomba; ma si dovrà accrescere la quantità della terra, o si potrà sminuire a misura, che l'inimico dovrà situare la sua batteria in un orizzonte più alto, o più basso della detta camera, come già è stato notato nell'ultimo capo della parte terza di questo libro.

CAPO V.

Della Combinazione de' legni per formare Ponti di diversa specie.

275. In ciascheduna fortezza è necessario, che in tempo di pace vi siano ponti permanenti per poter uscire, ed entrare comodamente nella Piazza coi carreggi, e per avere una comunicazione stabile fra le parti disgiunte di essa, qualunque volta sarà intersecata da un fiume, o altro gran canale.

I ponti permanenti, che ſi fanno nelle foſſa di una fortezza per comodo del commercio, debbono, finchè ſi può, eſſere coſtrutti con legnami, poichè, occorrendo di doverli diſtruggere in tempo di guerra, i legni, che ſe ne ricavano, ſono utili a molte coſe nella difeſa della Piazza; e ſe in qualche città ſi vede, che i pilaſtri di queſti ponti ſono di muraglia, ciò è ſtato fatto a ſolo motivo d'economia. A fine poi di togliere ogni naſcondiglio all' inimico ſi fanno terminare in punta i due fianchi di ciaſcun pilaſtro, e ſe ne regola l'altezza in modo, che ſia ſotto la linea tirata dalla parte difendente al ſito, in cui l'aſſalitore dovrà coſtruire lo ſpalleggiamento per attraverſare il foſſo.

276. L'intervallo fra due pilaſtri ſuol eſſere di piedi 10 in. 15, e per impedire, che le travi, le quali formano il ſuolo del ponte, non s'incurvino nel mezzo, ſi rinforzano per diſotto con ſaettoni in qualcheduna delle già date maniere. Il ſuolo del ponte intercetto fra due pilaſtri ſi chiama volgarmente *pontata*, e ſi dice, che il ponte è compoſto di quattro, cinque ec. pontate, ſe gl'intervalli

fra i pilastri saranno quattro, cinque ec.

La larghezza de' ponti permanenti delle città, su i quali passano molti carreggi, si fa di piedi 12. Le travi orizzontali O, O si collocano fra loro distanti piedi uno in due secondochè saranno più, o meno grosse, e queste si coprono trasversalmente con un corso di travette contigue, sopra le quali ponendo una quantità di terra per l'altezza di once 5 in 6, si fa poi un lastrico di ciotti, il quale pende dalle due bande per dare scolo alle acque. TAVOLA X. FIGURA 63.

I ponti delle Cittadelle, e dei Forti, essendo poco soggetti al transito de' carreggi, si fanno larghi solamente piedi 8 in 9, e se ne forma il suolo con due corsi di tavole trasversali alle travi, bastando, che quelle del corso superiore siano lunghe piedi 6, e inchiodate nel mezzo della larghezza del ponte.

277. Allorchè i pilastri di un ponte permanente si fanno con legnami, è necessario situarne i cavalletti fuori dell' acqua, che accidentalmente, o di continuo può trovarsi nelle fossa, e combinarne i legnami in modo, che il ponte si possa disfare facilmente. A questo fi-

ne si fanno i pilastri BC di muraglia elevati sopra il piano del fosso AD tanto, che basta, perchè i cavalletti EFGH, che vi si collocano sopra, sieno sempre fuori dell' acqua.

La combinazione per li cavalletti potrà essere simile alla figura 63, se il ponte sarà largo solamente piedi 8; ma, se la larghezza sarà maggiore, la combinazione dovrà farsi più composta, e rassomigliante alla KPLNM.

TAVOLA X. FIGURA 64.

278. Que' ponti permanenti, che servono per attraversare il gran fosso di una fortezza, debbono essere interrotti da due ponti levatoi, uno de' quali sarà situato vicino alla gola del rivellino, e l'altro contiguo alla muraglia di cinta del corpo della Piazza; ma i ponti, che servono per attraversare il fosso del rivellino, o di altre opere esteriori, s'interrompono solamente con un ponte levatoio contiguo alla linea magistrale dell' opera.

La lunghezza de' ponti levatoi suol essere di piedi 8 in 10, e di piedi 6 in 8 la sua larghezza formata con quattro, o cinque travi, alle quali si sovrappongono tavole di rovere grosse once $1\frac{1}{2}$

in circa, e queſte ſi coprono poi con molte lame di ferro.

279. Due ſono le maniere più uſitate per alzare, ed abbaſſare i ponti levatoi. La più comune è quella, che ſi pratica per mezzo dell' altalena ACB appoggia- TAVOLA XI. FIGURA 65. ta ſu' perni C incaſtrati ne' pilaſtri CH, o pure nel muro di cinta. All' eſtremità B ſono attaccate le catene BD vincolate all' eſtremità D del ponte levatoio DE, il quale s' arruota intorno i perni E. Nell' altra eſtremità A dell' altalena s' annodano le catene AF, alle quali s' attaccano poi alcuni ſoldati della guardia per inalzare il ponte.

Queſta maniera s' adopera in que' ſiti, ne' quali la parte CB dell' altalena non può eſſere veduta dal cannone nemico, allorchè il ponte è elevato; ma, ſe queſte travi potranno eſſere battute dal cannone avverſo, converrà uſare una qualche altra maniera. Per eſempio, ſe il ponte levatoio ſarà anneſſo alla magiſtrale AB, dovrà il medeſimo formare TAVOLA XI. FIGURA 66. una parte CD dell' altalena PCD, ed aggirarſi intorno i perni C, di modo che per inalzare il ponte CD ſi fa aggirare verſo R l' eſtremità P, che ſerve di bilico.

Volendo praticare un' altra maniera, converrà collocare ne' siti L, O due girelle G di bronzo, sopra le quali si farà passare la catena DGH attaccata all' estremità D del ponte DE, che s'aggira intorno il perno E. Siccome in questa disposizione esigesi una gran forza per cominciare ad elevare il ponte, e che, per supplirvi non bastano talora i soldati della guardia, così, per agevolare questo movimento, converrà attaccare un competente peso Q all' estremità H della catena, affinchè coll' aggiunta di poca forza basti a produrre l' effetto, che si desidera. Questo peso si farà rotolare lungo un piano curvilineo TMN costrutto in modo che la curvatura sminuisca andando da M verso N nella proporzione, che esigesi a misura, che sminuisce la resistenza del ponte col passare nella positura EK: chiaro essendo, che, se il peso Q discendesse in una direzione a piombo, accelererebbe talmente il suo movimento, che l' estremità D del ponte urterebbe fortemente nella facciata del muro.

La curva TMN, che per un tal effetto esigesi, si denomina *Sinussoide*, giac-

chè la proprietà sua è tale, che in qualsivoglia punto M si trovi il peso Q, egli è sempre in equilibrio colla resistenza del ponte nella corrispondente positura EK.

280. Se si vorrà prescindere dalla sinussoide, si potrà conseguire un effetto equivalente col seguente ripiego.

Nello stesso orizzonte, in cui sono le girelle G, ed alla distanza LM uguale in circa alla lunghezza DE del ponte si colloca la trave LM, che s'aggira intorno il perno L, e vi si attacca la catena DGM talmente lunga, che, quando il ponte è abbassato, la trave LM sia in una positura quasi che orizzontale. Si attacca pure un'altra catena MP, e allorchè si vuole alzare il ponte, alcuni soldati applicati in P tirano la catena verso N, e fanno passare l'apparato LM nella positura LN.

TAVOLA XI. FIGURA 67.

281. I ponti permanenti, che somministrano la comunicazione fra le parti di una fortezza disgiunte da un fiume, si fanno diversamente, secondochè esige la larghezza dell'alveo, e la natura del fiume.

Se questo sarà molto largo, converrà fare diversi pilastri di muraglia en-

tro l'alveò, i quali ſi uniranno ſcambievolmente col mezzo di archi, allorchè la perdita di una parte della Piazza importa immediatamente anche quella dell' altra parte; ma ſe una di queſte parti farà la funzione di corpo di Piazza, mentre l'altra rappreſenta una grand'opera eſteriore, allora i pilaſtri ſuddetti ſi uniranno ſolamente col mezzo di travi, per poter nell'occorrenza interrompere facilmente il ponte.

Qualora poi i pilaſtri ſi faranno con groſſi pali, vi ſi procederà nella ſeguente, o altra equivalente maniera.

Primieramente ſi collocheranno i pilaſtri a norma degl'indirizzi dati (§.215), e s'adopereranno pali talmente lunghi, che nella maſſima eſcreſcenza del fiume le barche cariche di coſe voluminoſe poſſano paſſare ſotto il ponte. I pali di ciaſchedun pilaſtro ſi pianteranno in una, TAVOLA XI. FIGURA 61. due, o al più in tre file, come AB, CD, ſecondochè il ponte ſarà poco, o molto alto, e ſaranno eſſe file diſpoſte nella direzione medeſima della corrente PQ, e tanto i pali, quanto le file, che formano un pilaſtro, ſaranno fra loro diſtanti piedi 2, in 4, la qual coſa ſi

determina poi più precisamente sul posto, prendendo in considerazione tutte quelle circostanze, che servono a formare un ponte sodo, ed a schivare le spese superflue.

I pali di ciascheduna fila, come AB, s' incastreranno con un dente F nella trave RS, volgarmente detta *banchina*, e si collegheranno scambievolmente essi travi col mezzo de' legni traversi TT, e cogli altri VV, e, se il pilastro sarà formato con due, o più file di pali, queste si dovranno pure connettere insieme per mezzo di altri legni traversi; dopo del che sopra le banchine RS si collocheranno le travi orizzontali XX, e sopra queste si metteranno le travette, e la terra, e si farà il solito lastrico (§. 266). TAVOLA XI. FIGURA 69.

Talora si piantano dalla banda della venuta dell' acqua uno, o due pali M,N fra essi distanti piedi 4 in 6, e collegati con alcuni legni trasversali, a fine d' impedire che gli alberi, ed altre cose di tale fatta, che nelle escrescenze del fiume potessero scorrere nell' acqua, non vadano ad urtare ne' pilastri con grand' impeto. TAVOLA XI. FIGURA 68.

282. I ponti defcritti nell'antecedente paragrafo mirano più al comodo pubblico, che all'ufo di guerra; ma, difcorrendo di que' ponti, che fi fanno per le fortezze, fi dirà

1.° Che qualfivoglia ponte ftabile, il quale fomminiftra la comunicazione fra le parti di una Piazza di guerra interfecata da un fiume, dee effere interrotto almeno da un ponte levatoio collocato a difpofizione di quella parte della fortezza, che forma il corpo di Piazza.

2.° Che nel ponte permanente fi difporranno una, o due pontate delle più lunghe in modo, che, riufcendo baftantemente falde pel tranfito delle groffe Artiglierie, fi poffano poi disfare con gran facilità, e preftezza in tempo della difefa; imperciocchè, non ufandofi quefta precauzione, fuccede fovente, che o fi abbandona l'opera avanzata affai prima del dovere, o fi lafcia un ponte ftabile all'inimico per prevalerfene, ed infultare le fortificazioni più centrali della Piazza; e giova quì l'avvertire, che l'ufo de' faftelli incatramati attaccati ai pilaftri per incendiarli, e quello de'botteroni carichi di polvere praticati nelle

fteffe

ſteſſe travi de' pilaſtri rieſce affatto inutile, allorchè ſi cerca di diſtruggere con preſtezza un ponte coſtrutto con groſſi legnami.

283. Nelle Cittadelle, e ne' Forti, che ſervono di Piazza frontiera, non s' abbaſſano i ponti levatoi, ſe non qualora vi debbono paſſare carreggi, e ſi fanno altri ponti più piccioli pel tranſito cotidiano de' pedoni, e de' cavalli. Nelle fig. 70, 71, e 72 ſi dà un'idea dei ponti di queſta ſpecie diverſamente combinati.

Si colloca verticalmente una trave AB co' ſuoi perni CC incaſtrati nel muro, o in qualche combinazione di legnami. A queſta trave ſi uniſce ad angolo retto nel ſito R uno, o due legni piatti BED della larghezza EH di piedi 2 in 3, i quali ſi connettono anche coll' albero AB per mezzo dei legni obbliqui EF. Ai legni piatti ſe ne uniſce un altro di fianco IL, a fine di facilitare il tranſito ai pedoni, e ſi applica all'albero AB la manovella GK diſtante da terra piedi 3 in circa, affinchè la ſentinella deſtinata al ponte poſſa farlo girare facendo forza in K, e quindi dare, TAVOLA XI. FIGURA 70.

o interrompere l' adito ai passaggieri.

TAVOLA XII. FIGURA 71. Nella figura 71 si osserva un' altra combinazione per questi ponti, la quale si fa girare intorno il perno MT per interrompere a piacimento la comunicazione tra il sito yZ, e l'altro PQ.

TAVOLA XII. FIGURA 72. Il ponte VTS rappresentato nella figura 72 si fa scorrere col mezzo delle rotelle RR sul suolo PM a fine d' interrompere pure a talento la comunicazione tra il sito yZ, e l' altro PM.

284. Occorre talora nelle Fortezze, e specialmente nelle montane, di dover costruire ponti lunghi senza valersi de' pilastri, avvegnachè i fossi sono molto profondi. Nelle seguenti combinazioni si dà un' idea delle principali maniere di divenirvi, e si fa osservare, che, sebbene queste combinazioni riescono più salde a misura, che sono più aggravate, si possono nulladimeno disfare con facilità, e prestezza somma.

Sia AyB il fosso, su cui si dee costruire un ponte senza pilastri, la cui larghezza AB sia di piedi 20 in 30. TAVOLA XII. FIGURE 73, 74, e 75. Colle travi AG, BF si formino due cavalletti ACB, appoggiando a tal fine le estremità A, B delle travi a due saldi;

ostacoli, e colle altre estremità F, G si fermi in aria il bolzone CD; indi col mezzo di un incastro fatto nell'estremità D d'esso bolzone, se sarà competentemente grosso, o pure col mezzo di una braga di ferro M si vincolerà la trave trasversale EE, sopra la quale si metteranno poi le travette orizzontali HH, KK, e queste si copriranno con uno, o due strati di tavole inchiodate. Dovendosi, fin che si può, prescindere dalla braga a fine di unire la trave EE coi bolzoni per mezzo di due arpioni, o denti inchiodati nei loro incastri fatti nelle estremità D de' bolzoni.

Allorchè la trave EE vincolata colle braghe MM sarà sufficientemente lunga, si renderanno maggiormente saldi i cavalletti col vincolare le estremità C de' bolzoni a quelle d'essa trave per mezzo delle saette QR, e s'inchioderà pure un legno traverso TT nella testa de' bolzoni.

Una breve riflessione basta per conoscere, che la resistenza di un simil ponte dipende dalla saldezza de' cavalletti, e dall' unione de' due bolzoni colla trave EE, e che per distruggerlo in uno istante, basta con un palo di ferro, o

con qualche altro equivalente mezzo rimovere dal ſuo ſito una delle travi AG,BF.

285. Se la larghezza AB del foſſo ſarà tale, che la lunghezza di due ſole travi non baſti per fare la combinazione ſuddetta, converrà moltiplicare il numero de' bolzoni, come s' oſſerva nella fig. 76, in cui la reſiſtenza del ponte, e la facilità di poterlo disfare ſubitamente dipende dallo ſteſſo principio.

TAVOLA XII. FIGURA 76.

In queſta diſpoſizione s' oſſerva, che i gran bolzoni CD ſono ritenuti in aria dai legni AG, BF, CC, eſſendo i due primi appoggiati agli oſtacoli immobili A, B. Gli altri bolzoni minori ST ſono poi ritenuti in alto dai legni AS, BS, DS ſaldamente contraſtati nei ſiti A, B, e nelle eſtremità D de' gran bolzoni. Diſpoſti in ſimil guiſa i cavalletti attraverſanti il foſſo, ſi vincolano poi colle eſtremità de' bolzoni D, T le travi E,O, ſopra le quali ſi mettono di poi le traverte HH, KK, come nell' antecedente combinazione, indi s' inchiodano dei legni traverſi ſulle teſte dei gran bolzoni a fine di aſſodarli maggiormente; e ſe le travi EE, OO ſaranno vincolate per mezzo di braghe, s' inchioderanno pure

alle loro estremità le saette QR descritte fig. 75.

286. Occorrendo, che i legnami non fossero bastantemente grossi, e lunghi per praticare la divisata combinazione, si potrà fare quest' altra, la quale riuscirà pure molto soda. Si disporranno a tal fine i legni CD in una porzione di cerchio ADDB, la quale sia $\frac{1}{6}$ circa della circonferenza descritta col raggio AB. I bolzoni CD saranno fra loro distanti piedi 5 in 8, e si contrasteranno fortemente a un muro AQ, BQ nelle due estremità A, B del ponte, e coi legni *mm*, *nn* nella lunghezza di questo. A fine poi di assodare maggiormente la combinazione, si collocheranno le saette incrocicchiate *mn* fra due bolzoni, come s' osserva nella figura. TAVOLA XIII. FIGURA 77.

Le travi trasversali, che avranno a formare la larghezza del ponte, si vincoleranno alle estremità D de' bolzoni CD col mezzo d'incastri, o con braghe di ferro, secondochè permetterà la grossezza de' legni, essendo, come già si è detto (§. 284), il ripiego degl' incastri preferibile a quello delle braghe di ferro.

287. Per fare un' altra combinazione
TAVOLA XIII. FIGURE 78, e 79. diversa dalle fin quì descritte, basterà disporre quattro legni AC, BD in modo, che con una delle loro estremità A, B posino sul suolo AZ, BZ, e colle altre estremità C, D siano vincolati coi legni traversi EE, e ove si desideri maggiore la larghezza del ponte, si collocheranno fra mezzo ai legni AC, BD gli altri HI, KL congegnati come i precedenti. A fine poi di vincolare maggiormente i legni traversi EE, si faranno gli intagli F, G nelle travi AC, BD.

TAVOLA XIII. FIGURA 80. Se la lunghezza de' legni AC, BD non sarà sufficiente per praticare l' addotta combinazione, si farà la seguente fig. 80, in cui la trave orizzontale NP è vincolata colle AC, BD per mezzo di quattro legni traversi O, O, i quali s' incastrano coi primi per mezzo de' convenienti intagli, servendo nel tempo stesso essi legni traversi a formare la larghezza del ponte.

Se in ambedue queste combinazioni si rimoveranno dal loro appoggio A, B i legni AC, BD, il ponte precipiterà in uno stante.

288. Nella guèrra di campagna si costruiscono ponti con cavalletti, o con barche, secondochè il fiume è diversamente soggetto alle escrescenze. Siccome di questi ponti se ne dà una sufficiente notizia nel libro II dell' Artiglieria Pratica, così basterà l' addurre in questo libro una combinazione molto soda e semplice, la quale si può discomporre in breve tempo.

Per mezzo de' convenienti incastri I, I fatti a mezzo legno si accoppiano due travi AC coi legni traversi E, F. Questi incastri, come si osserva nella figura, sono praticati nelle parti opposte di ciascun legno AC, e fra essi distanti in modo, che, introducendo una trave BD fra i traversi E, F, si possa con due coppie ACEF, REFP formare la disposizione ABCPDR situata verso la venuta HG dell' acqua, e configurata in modo, che le coppie AC, RP siano nella parte superiore A, R fra loro più vicine di quello sono nella parte inferiore C, P, fig. 82, e dee pure ciascheduna coppia ACEF essere più dilatata nella parte infima CC fig. 81 di ciò sia nella superiore AA, affinchè riesca TAVOLA XIII. FIGURE 81, e 82.

più ſalda tutta la combinazione, ognuna delle quali, ſervendo a formare un pilaſtrò, ſi collocherà diſtante dall' altra per l' eſtenſione, che comporterà la lunghezza de' legni K, K, fig. 82, i quali ſervono a formare la lunghezza totale del ponte. Queſto meccaniſmo fu meſſo in opera da Giulio Ceſare, pel cui mezzo paſsò il Reno inaſpettatamente a'ſuoi nemici.

Qualunque ſia il ponte di legno praticato entro un fiume navigabile, ſarà ſempre neceſſario in tempo di guerra, che ſi aſſicuri contro i tentativi dell'inimico. A tal fine dalla banda della venuta dell' acqua a competente diſtanza dal ponte ſi pianteranno groſſi pali in modo, che attraverſino l' alveo del fiume, e per mezzo di una catena in eſſi fortemente impegnata s' interromperà il corſo delle barche, che l' inimico potrebbe laſciar iſcorrere a ſeconda dell'acqua a viſta di rompere, o d'incendiare il ponte. Col mezzo de' modelli, che ſi eſibiranno, s' acquiſterà una idea più diſtinta delle varie combinazioni fatte coi legnami.

CAPO VI.

Dei Ferramenti per le fabbriche.

289. Sotto nome di ferramenti per le fabbriche s'intendono le chiavi, o i legamenti di ferro, che servono a collegare scambievolmente muri, pilastri, archi, volte ec. Le ferrate, i ferrami, i chiavistelli, gli arpioni, le bandelle per le chiusure delle porte, e delle finestre, ed altri somiglianti lavori, di cui si fa grande uso, e consumazione nelle fabbriche militari.

290. Il ferro è un metallo imperfetto, più duro, e più elastico degli altri metalli, ma però meno arrendevole, e più difficile a liquefarsi.

Le miniere del ferro sono in gran numero nell'Europa, ma le materie, che si cavano dalla mina, sono fra loro di qualità molto diversa.

Per ridurre in ferro le materie ricavate dalla miniera è necessario di esporle al fuoco di una soffieria, affinchè si liquefacciano, chiamandosi volgarmente *ghisa di prima colata* il ferro, che ricavasi da questa prima liquefazione, il

quale riesce ancora impuro, e resiste alle percosse del martello. Per depurare la ghisa, e convertirla in un ferro arrendevole, tenace, e dolce, si fa fondere una seconda volta, e dopo d'averla convertita in pani, come nella prima volta, si espongono questi un dopo l'altro al fuoco di una fucina, e così rovente si sottopone a un battiferro, e si va rivoltando il pane suddetto in più maniere, affinchè sia percosso in tutti i sensi, ed allorchè si osserva dissipata la maggior parte del calore, si espone di nuovo alla fucina per arroventirlo come prima, e indi sottoporlo al battiferro, la qual cosa si ripete più volte, finchè si vede il ferro ridotto al segno desiato. Questa operazione dicesi *affinare il ferro.*

291. Allorchè si fa l'analisi del ferro come sovra depurato, si trova, ch'egli è un composto, in cui si contiene il principio metallico, il flogistico, e molta terra grossolana. Per altro si danno alcune specie di ferro, in cui si contiene un sale vitriolico.

Le proprietà del ferro sono

1.° Perdere una parte del suo flogistico, allorchè è esposto all'aria libera,

dal che ſuccede poi, che ſi converte in ruggine, e terra, i quali effetti ſi manifeſtano maggiori, ed in minor tempo, allorchè l'acqua tocca il ferro.

Se poi nell' atmosfera s' incontreranno parti ſaline, il ferro ne verrà ben preſto corroſo. I ferramenti, che s'adoperano nei litorali maritimi a pena durano la quarta parte di quel tempo, che durano nel Piemonte.

2.° Il ferro eſpoſto al fuoco attivo ſi riduce in calcina, o *zafferano di marte*, volgarmente detto *ſcorie*, *o macciaferro*.

3.° Il ferro poſto nell'acqua forte, o nell'acqua regia ſi diſcioglie, e produce un bel color verde. Il ferro eſpoſto al fuoco di uno ſpecchio uſtorio molto attivo ſi vetrifica.

4.° Se ſi meſcolano in parti uguali limatura di ferro, e ſolfo polverizzato, e fattone un paſtone con poca acqua ſi ſeppelliſce ſotto terra, avviene, che dopo un certo tempo il miſcuglio s' accende, ſolleva la terra ſovrappoſta, e manifeſta una ſpecie di Volcano.

5.° Se artificioſamente ſi farà penetrare maggior quantità di flogiſtico

nel ferro ben depurato, questo diverrà più duro, e meno soggetto alla ruggine. Quest' operazione si chiama *convertire il fero in acciaio*, il quale, come è notissimo, è di un grande uso in molti lavori, e varie macchine. Gli scarpellini, ed i ferrai se ne servono per rendere parecchi dei loro strumenti più duri, e quindi atti al lavoro.

292. Giacchè il ferro, che si ricava dalle differenti miniere, riesce di qualità diversa, così nell' adoperare questo metallo nelle fabbriche militari fa di mestiere valersi di quello solamente, che si conviene all' uso, cui si destina il ferro.

Nelle chiavi, o dicasi nei legamenti di ferro, con cui si rinforza la resistenza de' piè dritti degli archi, delle volte, e di altre muraglie (§. 178), s'adopera quella qualità di ferro, che nella sezione di rottura manifesta una grana di grossezza ordinaria di color nero, o pure di color bigio tendente al bianco, che riesce più tosto rigido, allorchè, essendo freddo, vien percosso col martello, o fregato colla lima, e che, essendo esposto al fuoco, risulta tenace, sodo, e resistente al martello. Quest' istesso ferro

ſi fa pure ſervire per le ferrate, per gli arpioni, e le bandelle delle groſſe chiuſure eſpoſte all' inclemenza delle ſtagioni.

Per fare i ſerrami, i chiaviſtelli; ed altri ſomiglianti lavori, è molto proprio quel ferro, che nella ſezione di rottura manifeſta una grana più toſto groſſa di color bianco frammiſchiato con altre grane di color nero, o bigio. Queſta ſpecie di ferro ſi manipola, e ſi affina aſſai bene alla fucina, ſi lima a dovere, e riceve una bella pulitura. In mancanza di queſta ſpecie s' adopera per gli ſerrami, e chiaviſtelli un ferro, che oſſervaſi nero tutto d' intorno alla ſezione di rottura, che è maleabile a freddo, tenero alla lima, e che, qualora ſi puliſce, rieſce di colore cenerino, e non può acquiſtare quel chiaro, e lucido, che facilmente s' ottiene nel ferro dell' altra ſpecie.

293. Le qualità di ferro, che ſi ſchiva di adoperare nelle fabbriche, ſono

1.° Allorchè queſto metallo è frangibile a freddo. Queſta peſſima qualità s' attribuiſce all' arſenico contenuto nel ferro, il quale ſuol avere la grana groſſa, e molto chiara nel ſito della rottu-

ra; in oltre quefto ferro, effendo efpofto alla fucina, fi fnerva facilmente, e perde la fua adefione, e, come dicono gli operai, *s' abbrucia*.

2.° Il ferro, che difficilmente può effere raddirizzato, o ftorto a freddo, e che nel manipolarlo alla fucina fi rompe. Quefta cattiva qualità s' attribuifce all' acido del folfo, che nel trattare il minerale col fuoco non è ftato baftantemente fcacciato.

3.° Evvi un' altra peffima qualità di ferro, che è pieghevole, e malleabile a freddo, e che facilmente fi rompe a caldo. Pofto quefto ferro nella fucina efala un odore di folfo, e qualora, effendo rovente, vien percoffo col martello, fcaglia molte fcintille rifplendenti, e, fe fi fa fcaldare a fegno di acquiftare il color di ciriegia roffa, fi fpacca, e talvolta fi rompe, fe cercafi d'incurvarlo, o altrimenti piegarlo. Siccome quefto ferro è foggetto a avere delle sfoglie, ed altre picciole feffure, così farà facile colla fola offervazione riconofcerne la qualità.

294. Quantunque la tenacità, e la durezza del ferro fiano le due qualità

principali, per cui questo metallo s'adopera nelle fabbriche militari, nulladimeno non si riduce a calcolo, se non se la sua tenacità assoluta nelle chiavi, e ne' legamenti (§. 178), i quali, qualora sono esposti all'aria libera, non debbono mai fare la parte principale della stabilità della fabbrica, giacchè deteriorano coll' andare del tempo, e talora si rompono nei forti geli, specialmente quando sono molto tesi.

PARTE QUINTA

Dell' Idraulica.

295. Noi vediamo trascorrere acqua per molti canali naturalmente formati sulla superficie della terra, e chiamiamo *rivo* quella, che scorre entro un picciolo alveo per distinguerla da quell'altra, che, scorrendo in gran copia entro un letto spazioso, *fiume* s' appella.

Se bene il movimento di queste acque, ed i ripieghi più adattati per trarne vantaggio formino l'oggetto principale dell' Idraulica, nulladimeno essa considera anche le maniere di derivare l'acqua dai diversi ricipienti, e di condurla entro canali, la norma per misurarne la quantità, e gl' indirizzi per ripartirla secondo una data proporzione, a fine d' inaffiare campagne, o di dare movimento a macchine di diversa specie.

Sono pure oggetto dell' Idraulica le regole, ed i provvedimenti per situare, e costruire argini, e ripari entro un fiume, a fine di renderlo navigabile, o per derivare una porzione delle sue

acque,

acque, o per contenerle fra certi limiti, e così preſervare le città, e le campagne dalle corroſioni, e dagli allagamenti. In queſta quinta parte ſi addurranno quelle principali notizie intorno l'Idraulica, che in qualche modo intereſſano l'Architetto militare.

CAPO PRIMO.

Dell' Uſo, che ſi fa dell' acqua in una Fortezza.

296. In ciaſcheduna Piazza di guerra, non meno che in qualſivoglia altro abitato è neceſſaria una certa quantità d' acqua pura, e limpida pel vitto cotidiano degli uomini, e per quegli altri uſi, di cui non è agevole ai medeſimi il diſpenſarſi. Queſt' acqua s' ottiene per mezzo di fonti, di pozzi, di laghi, di fiumi, e di conſerve, o ciſterne. La ſcaturigine di un rivo ſi chiama *Fonte*, e queſto trae la ſua origine dalle nevi, o dalle acque piovane, le quali coll' inſinuarſi nel terreno feltrano poi, e ſcorrono di naſcoſto, finchè incontrano materie reſiſtenti, che le neceſſitano a

ſviarſi dalla direzione a piombo, ed a manifeſtarſi di nuovo ſulla ſuperficie della terra nella parte del monte più baſſa di quella, in cui eſſe acque hanno incominciato a inſinuarſi.

297. Dalla deſcritta origine dei fonti ſi comprende facilmente, che la quantità dell'acqua, la quale ſgorga da ognuno d'eſſi, dipende dalla diverſa quantità delle piogge, e delle nevi, che cadono ſul monte, e dalla diverſa eſtenſione del terreno inzuppato, che concorre a formare il fonte, e ſi ſcorge pure la ragione, per cui alle falde del monte i fonti ſono più copioſi, e perchè ne' paeſi, ove nevica di raro, i fonti ſono e più rari, e meno fecondi. Nelle noſtre alpi, ſu cui annualmente cade molta neve, ſi vedono nella eſtate ſcorrere da per tutto rivi fecondiſſimi; altre acque poi, che feltrano di naſcoſto, formano nella pianura del Piemonte una ſpecie di mare ſotterraneo, dimodochè, ovunque ſi ſcava un pozzo, s'incontra ſempre l'acqua alla profondità di pochi trabucchi. Il gran numero de' fonti, che ſcaturiſcono nella ripa ſiniſtra del Po, e nella deſtra della Dora,

altro non sono, se non se uno sfogo di questo mare sotterraneo, dai pozzaiuoli denominato *avis*, per distinguerlo dalle vene d'acqua, da essi chiamate *docce*, le quali si trovano solamente in certi siti.

298. Nelle pianure molto estese s'incontra talora un avis prodotto dalle acque di un fiume, le quali, trovando nelle sponde dell' alveo un terreno facile a essere penetrato, feltrano lateralmente per un certo tratto di paese.

Occorre pure talvolta, che alla cima di un monte isolato C sgorga un fonte copioso (fenomeno, che a prima vista sembra opposto alla origine de' fonti descritta (§. 296). Allorchè si esaminano attentamente somiglianti fatti, si trova sempre, che lateralmente al monte isolato ne esiste un' altro più alto M, donde si concepisce come le acque congregate nella parte superiore A possono incontrare una specie d' acquidotto sotterraneo FBC naturalmente formato a guisa di sifone in mezzo a materie dure, e resistenti, per cui, scorrendo le acque da A in B, risalgono poi, e sgorgano in C più basso dell'altra estremità F del sifone, e si com- TAVOLA XIV. FIGURA 13.

prende pure come possa succedere, che nella valle D scorra un rivo senza che le sue acque comunichino colle sotterranee B. Coloro, che scavano le miniere, incontrano sovente acque sotterranee, che in gran copia trascorrono entro acquidotti naturalmente formati nel vivo sasso.

299. Per avere in un abitato l' acqua necessaria agli uomini, si scavano pozzi nei siti comodi agli abitatori, ognorachè sotto quel suolo incontrasi l' avis; ma, se l' avis non ha luogo, fa di mestiere valersi dei fonti, che sono a portata, o cercare sotto terra vene d' acqua per avere altrettanti pozzi.

Noi non sappiamo altrimenti conoscere i siti, ove scorrono sotterraneamente vene d' acqua, se non se per mezzo di alcune osservazioni, e d' alcuni indizi, e la virtù della verga indovinatrice, che volgarmente si crede manifestarsi col girare fra le mani di persone nate in un determinato tempo dell' anno, e mentre i pianeti erano in certi aspetti, non ha verun fondamento probabile, non che certo a seconda delle

regole date nelle Inſtituzioni per ragionare fiſicamente.

Dall' oſſervazione ſi ricava, generalmente parlando, che le vene d'acqua s' incontrano nelle valli, e nei ſiti concavi delle montagne più facilmente, che nelle loro parti conveſſe, e prominenti, ne' pendj poco inclinati piuttoſto che ne' ripidi.

Gl' indizi per conoſcere, ove ſcorre una vena d' acqua, ſono di diverſa ſpecie. Sarà un indizio generale il vedere, che nelle vicinanze del ſito, ove ſi deſidera incontrare l' acqua, e nella medeſima pendenza eſiſtono fonti, o pozzi abbondanti d' acqua. Il terreno umido, o freſco, ſpecialmente nella ſtate, indicano l' eſiſtenza dell' acqua in poca profondità; lo ſteſſo dire ſi dee del germogliare che fanno in un ſito le erbe acquatiche, come ſono l' edera terreſtre, le canne, i gionchi ec. L' erba de' prati verdeggiante e bella in un ſito pendente, e non adacquato indica pure, che l' acqua non è molto profonda.

In mancanza di queſti indizi ſi potranno uſare i ſeguenti, o altri equivalenti ripieghi. Si ſcaveranno pozzi pro-

fondi alcuni piedi, e nel fondo di ciascheduno si collocherà sottosopra una gran caldaia unta internamente d'olio, indi si otturerà superiormente la bocca de' pozzi con tavole, frondi, o altrimenti, a fine d'impedire che il calore esterno non ecciti l'esaltazione de' vapori nel fondo de' pozzi. Se l'indomani s'osserveranno gocce d'acqua attaccate all'interno della caldaia, sarà segno che, continuando a scavare, si troverà l'acqua non molto profonda.

La tenta, che i Minatori adoperano per saggiare il terreno, può anche essere molto utile in questi riscontri.

Ma, se l'acqua sarà molto profonda, o pure se, essendo poco distante, s'incontreranno tra questa e il suolo, o il fondo de' pozzi s'incontreranno, dissi, materie dure, ed impenetrabili all'acqua, ed alla tenta suddetta, i divisati ripieghi più non saranno atti a somministrare l'intento.

300. Qualora non si possono avere pozzi, e che a competente distanza s'incontrano fonti, fa di mestiere, se l'acqua è scarsa, costruire nell'abitato conserve atte a contenere una quantità con-

ſiderabile d' acqua, che vi ſi introduce per mezzo di un canale fatto con arte, ognorachè nel paſſare la medeſima dal fonte nel recipiente non dee mai ſalire. Queſto canale ſi fa più alto del piano della campagna, e ſe per qualche particolar motivo ſi dovrà fare più baſſo, ſi coprirà a dovere, affinchè in occaſione di pioggia gli ſcoli della campagna non arrivino a intorbidare l' acqua entro il canale, il quale ſi farà con una muraglia in calcina, ogni volta che il terreno non ſarà baſtantemente ſaldo, e conſiſtente.

L' ampiezza di queſto canale ſi dedurrà dalla quantità dell'acqua, che ſi vuol condurre, computandoſene un piede cubo in ciaſchedun giorno per bere e per fare il mangiare a venti perſone, ed altrettanto per le lavature, e le liſcive.

301. Se l'acqua, che dal fonte ſi vuol condurre nella conſerva, dovrà paſſare per qualche ſito baſſo, converrà valerſi di un acquidotto, il quale ſi farà con tubi di legno, o d' argilla cotta, ognivoltachè l' acqua dovrà aſcendere ſolamente pochi piedi, ma, ſe la ſalita ſarà

confiderabile , fi farà l' acquidotto di pietra, di ghifa, o di piombo , e fe ne determineranno le fpeffezze a norma delle cofe infegnate nelle Inftituzioni Fifico-meccaniche.

La quantità effettiva dell' acqua, che efce da un acquidotto, dipende dal diametro dell' interno vano cilindrico, dalla differenza fra i due orizzonti, che paffano per ambe le eftremità dell' acquidotto, e dallo sfregamento, che l'acqua incontra nelle pareti del medefimo; e ficcome quefto sfregamento varia per caufa della diverfa lunghezza dell'acquidotto, del fuo diametro, della lifciatura delle pareti interne, e delle tortuofità, che fovente dar conviene all' acquidotto per adattarfi alle circoftanze de' fiti, per li quali fi fa paffare, cofe tutte, che in certe circoftanze fminuifcono confiderabilmente la quantità effettiva dell'acqua, che fgorga dall' acquidotto, così per determinarla nei cafi particolari, converrà fare alcune fperienze, nelle quali s'avranno in confiderazione tutte le circoftanze idonee a modificare la quantità ricercata.

302. In mancanza di pozzi, e di fonti fi procura col mezzo di macchine idrau-

liche di eſtrarre l'acqua da un qualche fiume, da un lago, o da altro ſito baſſo, ognorachè queſta è ſempre limpida. La città di Parigi così vaſta e popolata eſtrae dal fiume la Sena l'acqua, di cui abbiſognano cotidianamente i di lei abitatori. Queſto ripiego ſi può anche praticare in tutte quelle fortezze, nelle quali il ſito, da cui ſi fa l'eſtrazione, è riparato dal cannone nemico; ma ſe non s'incontrerà queſta circoſtanza, converrà induſtriarſi a tutto potere per avere nella Piazza di guerra la neceſſaria quantità d'acqua perenne per mezzo di fonti, o di pozzi eſiſtenti nella cinta magiſtrale; e quando ciò non ſi potrà ottenere, converrà nelle vicinanze, e ſotto il vivo fuoco della Piazza cercare una qualche vena d'acqua, la quale per mezzo di una galleria ſotterranea s'introdurrà entro una conſerva, o un pozzo praticato nella linea magiſtrale, e ſi avrà l'avvertenza di coprire queſta galleria con molte materie rovinoſe, affinchè l'inimico non arrivi a ſnudarla, e quindi a ſviare l'acqua.

Allorchè non ſi può aſſolutamente avere acqua perenne entro una fortezza,

fa di meſtieri coſtruirvi diverſe ciſterne nei ſiti comodi al preſidio. La capacità di queſte ciſterne dee eſſere conſiderabile, affinchè in occaſione di blocco poſſa la guarnigione durarla lungamente.

303. Oltre l'acqua cotidianamente neceſſaria al preſidio per bere, e per la cucina, occorre talvolta, che ſi dee far uſo di un fiume, o di un lago per maggior vantaggio della Piazza coll'accreſcere gli oſtacoli all'aſſalitore, o col dare comodo agli abitanti di una città fortificata di macinare il loro grano in tempo di bloccatura, o d'aſſedio. A fine di ottenere ſomiglianti vantaggi è neceſſario coſtruire un apparato col mezzo d'argini, di zaffi, e di altre ſomiglianti chiuſure a viſta di far ringorgare le acque a piacimento, o derivarle ſecondo che ſi deſidera; per lo che è indiſpenſabile, che il ſito dell'apparato ſia cuſtodito a dovere, e per mezzo di qualche riguardevole opera di fortificazione ben riparato dal cannone nemico.

304. Due ſono le maniere di accreſcere gli oſtacoli d'intorno una fortezza per mezzo dell'acqua. Conſiſte la prima nell'inondare il terreno, in cui l'ini-

mico dee fare le fue trincee, di modo che più non poffa promoverle fino alla feconda parte dell' immediato attacco, o fi trovi molto limitato nelle fue operazioni. Si ha poi la feconda maniera col fare fcorrere molta acqua nel foffo con velocità tale, che l' affalitore più nol poffa attraverfare per avanzarfi al piè della fatta breccia, e falirla.

305. A fine di valerfi delle acque di un fiume per inondare a piacimento il terreno d' intorno la Piazza, è neceffario

1.° Che il fuolo interno della fortezza, quello della campagna, e l' ordinaria altezza dell' acqua nel fiume fiano talmente combinati, che ammettano quefto provvedimento.

2.° Si baderà alla efcrefcenza maffima, cui foggiace il fiume, affinchè, quando quefta ha luogo, non fia perniciofa alle fortificazioni, o alle vicine campagne per caufa de' ripari, che far conviene entro il fuo alveo per far ringorgare le acque.

3.° Si offerverà fe il fiume fcorre fuperiormente incaffato profondamente nel fuo alveo, o pure fe l' affalitore può fviarne le acque col praticare una qualche

apertura nelle ſponde, o collo ſcavare un canale di derivazione.

306. Suppoſto per tanto che le diviſate circoſtanze ammettano il provvedimento, che ſi deſidera, converrà coſtruire un argine di competente ſodezza, ed altezza, il quale nell' attraverſare la larghezza del fiume avrà diverſe bocche, o cateratte, le quali ſi muniranno coi convenienti zaffi, o altre adattate chiuſure, per ſervirſene a piacimento. Qualora, per ottenere l' inondazione, dovrà farſi ringorgare l' acqua in un' altezza conſiderabile, ſi dovrà coſtruire l' argine in muraglia, uſando in ſimil coſtruzione gl' indirizzi ſpiegati nella ſeconda parte, e quegli altri ripieghi, che ſul poſto ſi conoſceranno più adattati al caſo particolare. Ma, ſe l' altezza del ringorgo non ſarà grande, baſterà talora coſtruire un riparo con pali ſcambievolmente vincolati con altri legni, e formare il maſſiccio dello ſteccato con groſſe pietre.

Le medeſime diſpoſizioni potranno ſervire per divertire le acque di un fiume, e farle ſcorrere nel foſſo della Piazza; ed ove ſi conoſca neceſſario d' ac-

crescere la rapidità del loro corso, si praticheranno chiusure nel sito, ove l'acqua del fiume dee introdursi nel fosso, e dopo d' averla fatta ringorgare a grande altezza, s'apriranno poi le chiusure in quel termine della difesa, che si scorgerà necessario.

All' ultimo, se dal fiume si vorrà derivare una quantità d'acqua per far girare i mulini, converrà osservare sul posto stesso, se sia necessario attraversare tutto il fiume con un rialto, o se basta, che questo s' inoltri nell'alveo solamente fino a un certo segno. Esaminando il corso della Dora dalla fucina di Valdocca fino al Parco vecchio s' acquisterà facilmente un' idea di somiglianti provvedimenti.

307. Per valersi dell'acqua di un lago, a fine d'inondare il terreno d' intorno la Piazza, o per farla scorrere nel fosso è necessario

1.° Che la Fortezza, o qualche sua opera principale sia talmente vicina al lago, che la guarnigione possa disporre a talento di quelle acque; per la qual cosa il sito, in cui si costruiranno i sostegni, e le bocche derivatrici, dovrà essere sicuro contro qualunque tentativo nemico.

2.° Il ſuolo, in cui ſi medita di far traſcorrere l'acqua, dovrà eſſere più baſſo del pelo di quella, che trovaſi nel lago, avvegnachè in queſti recipienti è caſo rariſſimo, che ſi poſſa far ringorgare l'acqua a grand'altezza.

CAPO II.

Regole, e Indirizzi per derivare, condurre, e ſcompartire l'acqua ne' gran canali fatti con arte.

308. Oltre i canali, di cui abbiamo parlato (§. 300) per condurre l'acqua neceſſaria al vitto degli uomini, altri ſe ne fanno di diverſa portata ſecondo l'uſo, cui ſi deſtinano: imperciocchè gli uni ſervono per movere parecchie macchine, altri per adacquare le campagne, altri per agevolare il commercio di un paeſe per mezzo della navigazione, e finalmente ſe ne fanno altri per due, o più de' diviſati uſi. Il canale denominato *della Città*, il quale ſi deriva dalla Dora nel ſito detto *della Pellerina*, ſerve a movere diverſe macchine nella fucina di Valdocca, le peſte

nella Regia Polveriera, i mulini nel borgo del Pallone, ed a irrigare i prati nella regione di Vanchiglia. Nella città d' Ivrea si deriva un naviglio dalla Dora Baltea, il quale serve a adacquare le campagne del Vercellese per la fruttificazione del riso. Dal fiume Sesia si derivano diversi canali, fra i quali si contano *la Roggia Mora*, *la Busca*, *la Biraga*, e *la Sartirana*, le quali servono a bagnare diverse campagne nel Novarese, nel Vigevanasco, e nella Lomellina per la fruttificazione del riso.

Nella Lombardia si contano pure diversi canali fatti con arte, fra i quali sono considerabili i navigli derivati dal Ticcino, e dall' Adda, che passano nella città di Milano, i quali, dopo d' aver servito alla navigazione, a movere diverse macchine, ed a bagnare molte campagne, si scaricano nel fiume Lambro.

309. L' acqua per li canali, di cui trattasi in questo capo, si può derivare non solo da un fiume, ma ancora da un lago, e da un canale maestro. Alcune volte si ricava poi dal raunamento di alcuni rivi, o dagli scoli, che avanzano dal bagnamento delle campagne.

Nel primo caso l'Architetto dee sempre disporre le cose in modo tale, che, non ostante la depressione, che in certe stagioni suol seguire nell'acqua di que' recipienti, la quantità derivata non sia minore di quella, che esigesi per l'uso, cui destina il canale; ma, se l'acqua nel canale sarà prodotta dall'adunanza de' rivi, o degli scoli, la quantità, che se ne ricaverà, sarà soggetta a molte variazioni.

310. Per derivare da un qualsivoglia recipiente una determinata quantità d'acqua, condurla a dovere entro un canale fatto con arte, e scompartirla in un assegnato sito secondo una stabilita proporzione, convien aver presenti le seguenti circostanze atte a produrre modificazioni nelle acque in movimento.

1.ª La quantità dell'acqua, che si scarica da un emissario, o passa per la sezione di un canale, è sempre la stessa, finchè il suo flusso è uniforme, e costante la velocità; ma, se il flusso sarà difforme, o si muterà le velocità, la quantità suddetta varierà.

2.ª La velocità dell'acqua, che si scarica da uno emissario fatto nella parete

di

di una conſerva, in cui l' acqua è ſtagnante, dipende dall' altezza di queſta, e tale velocità creſce in parità di circoſtanze, e quindi anche la quantità, che eſce dall' emiſſario, ognivoltachè queſto è armato di tubo. A fine poi di avere il fluſſo uniforme, ſia che l' emiſſario ſia nudo, o guernito di tubo, fa di meſtiere, che vi ſia un battente tale, che nella ſuperficie dell' acqua nel ſito dello ſcarico non ſi formi nè pertugio, nè imbuto. (Inſtituzioni Fiſico-meccaniche).

3.ª Se entro la conſerva, e vicino all' emiſſario ſi ſcaricherà di continuo altr' acqua, la velocità di quella, che uſcirà dalla bocca derivatrice, dipenderà dall' altezza dell' acqua nella conſerva, e dalla velocità, e direzione di quell' altra, che ſopravviene; ma l' uniformità nel fluſſo dell' emiſſario s' otterrà ſempre per mezzo di una competente altezza nel battente.

4.ª La velocità dell' acqua, che ſgorga da una bocca fatta nella parete di un canale maeſtro, dipende dall' altezza, velocità, e direzione di quella, che ſcorre in queſto canale. Affinchè il fluſſo rieſca poi uniforme nella bocca

derivatrice , d' uopo è , che ſia anche tale quello dell' acqua entro il canale, e che la bocca abbia un battente di competente altezza.

5.ª E' ſempre ritardata la velocità dell' acqua , che eſce da un lume , e quindi rieſce minore la quantità , che ne ſgorga , ognorachè l' acqua uſcente incontra troppo da vicino altr' acqua , o oſtacoli idonei a ſturbarne il fluſſo , come ſono i giunchi , e le altre erbe acquatiche , le quali naſcono ſovente in ſomiglianti ſiti. La medeſima coſa dire ſi dee dell' acqua , che , ſcaricandoſi per mezzo di una cateratta , è ſoggetta a incontrare un ringorgo , o qualchedun' altro de' diviſati oſtacoli.

6.ª Affinchè l' acqua ſcorra entro un canale orizzontale , baſta , che la medeſima abbia uno sfogo in una eſtremità di eſſo , nel qual caſo la velocità , con cui la medeſima ſcorre , dipende dalla ſola altezza. Qualora poi l' acqua ſcorre entro un canale inclinato , la ſua velocità naſce dalla ſola declività , ognivoltachè l' altezza è poca , ed è la velocità prodotta dalla declività , e dall' altezza inſieme , allorchè queſta è di qualche conſiderazione.

311. Col mezzo di queste premesse, e delle cose spiegate nelle Instituzioni Fisico-meccaniche intorno le modificazioni dell' acqua in movimento sarà facile conoscere il fondamento delle seguenti regole, e degli indirizzi da praticarsi nel derivare, condurre, e scompartire l' acqua, e si potrà pure dar ragione di molti altri fenomeni, che esibiscono le acque in movimento. Per esempio se si supporrà, che l' acqua, la quale scorre entro un canale, sia in uno stato permanente, cioè a dire che la quantità sua non cresca, nè sminuisca, e la figura dell' alveo sarà irregolare, la velocità di quest' acqua crescerà a misura, che passerà per un fondo più declive, o che le pareti s' anderanno avvicinando fra esse, e contrariamente sminuirà la velocità, allorchè il fondo diverrà meno declive, o che l' acqua da un sito ristretto passerà in un altro dilatato, e non ostante tutte queste continue mutazioni la quantità, che passerà per qualsivoglia sezione del canale, sarà sempre precisamente la stessa.

312. Nel derivare l' acqua da un sito qualunque due casi possono occorrere.

Ha luogo il primo caſo , ognivoltachè la quantità da derivarſi dee eſſere fra certi limiti , purchè non ſia minore di una data ; e ha luogo il ſecondo caſo, allorchè la quantità da derivarſi dee eſſere preciſa, e coſtante.

Quantunque le bocche derivatrici aver poſſano una figura qualunque, con tutto ciò nella pratica ſi uſa la rettangola , perchè rieſce più comoda ; e però in avvenire s' intenderà ſempre parlare di quella , e ſi ſupporrà pure , che il lato inferiore denominato *ſoglia* ſia collocato orizzontalmente , e tutto l' orlo della bocca formato con pietre da taglio , o altre ſomiglianti materie dure , a fine d' impedire le alterazioni , che in eſſo ſeguir potrebbero , quando non ſi uſaſſe queſta precauzione.

Le maniere date nelle Inſtituzioni Fiſico-meccaniche per miſurare l'acqua, che ſi ſcarica da una bocca, o che ſcorre entro un canale, potendoſi applicare facilmente in tutti i riſcontri, de' quali trattaſi in queſto Capo , baſterà nell'occorrenza farne uſo, ſenza che più ſia neceſſario di deſcrivere particolarmente ſomiglianti operazioni.

313. Per derivare da un ſito qualunque una quantità d'acqua, allorchè queſta è in uno ſtato di permanenza, baſta nella parete del recipiente aprire una bocca di grandezza tale, che ſomminiſtri la quantità, che ſi deſidera, e ſi darà un battente competente all'emiſſario, affinchè l'acqua fluiſca uniformemente (§. 310). S'avrà pure l'avvertenza di fare la ſoglia alquanto diſtante dal fondo del recipiente, ſe l'acqua nel ſito della derivazione ſarà ſoggetta a depoſitare del limo.

Qualora poi la bocca derivatrice ſi aprirà in un recipiente, in cui l'acqua ſarà in movimento, e ſoggetta a mutazioni, in ſimil caſo la quantità derivata varierà anch'eſſa ſecondochè nel recipiente ſi muterà l'altezza, o la velocità, o la direzione dell'acqua. A fine per tanto di derivarne una quantità non minore di una data, ſi farà un'apertura tale, che nelle circoſtanze meno favorevoli s'ottenga quanto ſi deſidera.

314. Qualunque volta l'acqua, che eſce dall'emiſſario, è ſoggetta a variare, e dee eſſere preciſa la quantità da derivarſi, in ſimil riſcontro, dopo che

si sarà fatta la bocca derivatrice di grandezza tale, che nelle circostanze meno favorevoli somministri la quantità d'acqua stabilita, converrà munire con un zaffo l'emissario, il quale s' abbasserà poi a misura, che l'acqua sgorgherà oltre il dovere.

A fine poi di conoscere a qual termine si dovrà abbassare il zaffo, converrà attraversare il canale di derivazione con un rialto, affinchè l'acqua ringorghi, e si possa notare nella parete un segno preciso indicante il pelo dell' acqua, allorchè questa scorre in quella determinata quantità, che è stata stabilita. Questo rialto dee farsi in sito tale, che il ringorgo da esso prodotto non rallenti l'uscita dell' acqua nella bocca derivatrice, e si dee pure avvertire, che la cascata, la quale si produrrà per causa del rialto, non sia nè meno soggetta a un ringorgo, o altro impedimento atto a sturbarne il flusso (§. 310).

Allorchè un canale maestro dee somministrare una stabilita quantità d'acqua in siti diversi, fa di mestiere munire con un zaffo ciascheduna bocca, il quale si ferma poi con un chiavistello a

quel segno, che si compete; per lo che esigesi un campaio, o acquaiuolo, il quale sappia regolare l' acqua derivata secondo le convenzioni seguite con i diversi proprietari de' stabili.

315. Le bocche, che si fanno nelle sponde di un lago per derivare un gran canale d' acqua, debbono essere munite coi convenienti zaffi, affinchè, qualora l' acqua cresce nel lago, si possa moderare quella, che s' introduce nel canale, e si prevengano in tal guisa i disordini, che, non usando questa precauzione, potrebbero succedere. La soglia di queste bocche si dee fare sotto il pelo dell'acqua ridotta alla massima depressione, affinchè se ne possa sempre derivare la quantità necessaria.

316. Per derivare l' acqua da un fiume, fa di mestieri praticare un' imboccatura talmente disposta, che nella massima depressione del fiume si possa avere nel canale di derivazione la necessaria quantità d' acqua.

Se l' alveo del fiume sarà tortuoso, s' aprirà l' imboccatura in una di quelle convessità verso la campagna, in cui la sponda sarà salda, non soggetta a mu-

tazioni, e contro cui ſcorrerà il filone. Se non s' incontreranno ſomiglianti conveſſità, converrà fare un ſoſtegno, che attraverſi ad angolo retto la via dell' acqua; o pure ſi protenderà obbliquamente verſo la venuta di queſta, il che non ſi può altrimenti determinare ſe non ſe ſul poſto ſteſſo, prendendo in conſiderazione tutte quelle circoſtanze, che concorrono nel fatto.

A fine poi d' impedire, che nelle grandi eſcreſcenze del fiume non s' introduca troppa acqua nel canale, ſi collocherà in un ſito conveniente uno, o più zaffi per poterli abbaſſare a piacimento. Coll' oſſervare la derivazione del canale, che dalla Dora conduce l' acqua alla fabbrica del vecchio Parco, s' acquiſterà facilmente una idea delle diviſate diſpoſizioni.

Ognorachè l' acqua di un canale s' otterrà coll' adunare alcuni rivi, o gli ſcoli delle campagne, ſarà pure neceſſario uſare la precauzione de' zaffi verſo l' origine del canale, o praticare uno *ſcaricatore* in altro ſito proprio per liberarſi a talento delle acque ſuperflue.

317. L'acqua, che si deriva da un recipiente qualsivoglia per servirsene per un certo tratto di paese, dee essere condotta con discernimento, affinchè se ne ricavi il vantaggio massimo. Le avvertenze da praticarsi per un tal fine sono le seguenti, o altre equivalenti.

1.ª Se l'acqua derivata dovrà movere più d'una macchina in parecchi edifizi, o bagnare diverse campagne, o formare un naviglio navigabile, converrà condurla in modo, che abbia pochissimo declivio, e si farà passare il canale per que' siti, ne' quali riesce più comodo o a stabilire le diverse macchine, o a bagnare una maggior estensione di terreno, o a facilitare il commercio.

2.ª Si procurerà, che i rivi, e gli scoli delle campagne, i quali si formano in occasione di pioggia, non si scarichino nel canale, a fine di evitare i depositi, che vi cagionano, e quindi si sparmi la spesa di farlo nettare sovente.

3.ª Se il terreno, in cui si scaverà il canale, sarà di natura tale, che assorbisca una gran parte dell' acqua derivata, converrà condensarne il fondo,

e le ſponde con terra graſſa, e zolle fortemente battute; ed ove queſto ripiego non baſti, biſognerà laſtricarne il fondo, e talvolta anche fare le ſponde in calcina, le quali coſe non ſi poſſono altrimenti determinare ſe non ſe ne'caſi particolari.

4.ª Se in occaſione di pioggia, o nella liquefazione delle nevi l'acqua ſarà ſoggetta a creſcere notabilmente entro il canale, e queſt' accreſcimento minaccerà un qualche diſordine, converrà praticare uno *ſcaricatore* in ſito aſſai proprio per poterſi liberare a talento dell' acqua ſuperflua.

5.ª Se l'acqua del canale ſarà ſoggetta a intorbidarſi, e a depoſitare molto limo, converrà accreſcere la declività dell' alveo, a fine di ſparmiare le frequenti ſpeſe, che abbiſognerebbe fare per nettarlo. In queſta diſpoſizione ſi baderà pure alla qualità delle ſponde, affinchè, atteſa la tenue loro reſiſtenza, la gran velocità dell' acqua non produca corroſioni.

6.ª Si fa in oltre oſſervare, che la quantità dell' acqua, che ſi deſtina per bagnare le campagne, varia ſecondochè

è diverſo l'uſo, che ſe ne fa; per eſempio per la fruttificazione del riſo ſe ne eſige quantità maggiore di quella s'adopera per bagnare i prati. Un'oncia d'acqua, che ſcorre per ore 24 entro un prato di cinque giornate, baſta per bagnarlo a dovere, ognorachè il terreno ſia graſſo, e compatto; ma, ſe queſto ſarà di qualità ordinaria, converrà impiegarvi un' oncia e mezza, e s' eſigeranno tre once in circa d' acqua, ſe il terreno ſarà ſabbioſo.

318. Allorchè l' acqua di un canale ſi dee ſcompartire per diramarla in due, o più canali ſubalterni ſecondo una data proporzione, d' uopo è avere preſenti le modificazioni accennate (§. 310), affinchè lo ſcompartimento rieſca con quella giuſta proporzione, che ſi deſidera, e uſare que' ripieghi, che più ſi convengono alle circoſtanze del ſito, o della vicina campagna, o ai patti ſtabiliti fra coloro, che ſono intereſſati nella ripartigione.

Per dare intorno queſto ſcompartimento un ſufficiente indirizzo, ſuppongaſi in primo luogo, che l' acqua, la quale ſcorre nel canale AB, debba nel TAVOLA XIV. FIGURA 14.

sito A essere ripartita ne' due canali G, H nella proporzione di $m:n$. Questo problema si può risolvere in due maniere, cioè col mezzo di un acquaiuolo, o col fare un partitore.

Per valersi dell'acquaiuolo basta fare le bocche C, D, e dividere il tempo di 24 ore in due parti, che siano nella proporzione di $m:n$; indi, chiuso in D il canale H, si farà scorrere tutta l'acqua entro il canale G pel tempo $= m$, dopo del quale, chiuso in C il canale G, ed aperta la bocca D, si procurerà, che tutta l'acqua scorra nel canale H pel tempo $= n$. Di poi si chiuderà di nuovo la bocca D, e si riaprirà la bocca C, continuando così l'alternativa di far trascorrere tutta l'acqua ora in uno, ed ora nell'altro canale nel tempo, che corrisponde alla proporzione di $m:n$.

319. Se poi si vorrà, che l'acqua scorra nel medesimo tempo entro i due canali subalterni G, H nella proporzione di $m:n$, converrà valersi della seconda maniera col costruire un *partitore*, o *modello*, che abbia le seguenti condizioni.

1.ª Nel sito A dello scompartimento l'acqua dovrà essere come stagnante. A

tal fine si dilaterà l' alveo, come KK, e si porrà verso B una, o due traverse a fine di ammortire la corrente dell'acqua.

2.ª Le bocche C, D saranno fra loro distanti per una estensione non minore dell' apertura della bocca maggiore, le loro soglie saranno nel medesimo orizzonte, e più alte del fondo del canale AB. I lati verticali di queste bocche saranno alti a segno di sopravanzare l' acqua nella massima escrescenza.

3.ª Il fondo de' canali G, H sarà più basso delle soglie d' esse bocche a segno tale, che l' acqua, la quale per esse si scarica, formi sempre una cateratta non soggetta a ringorgo. In questo fondo si collocherà pure un' altra soglia, affinchè in qualsivoglia tempo risulti sempre della differenza, che correr dee nell' altezza fra le soglie delle bocche C, D, ed il fondo degli alvei G, H nel sito dello scompartimento.

320. Se lo sfregamento, che l' acqua incontra nell' orlo delle bocche, non ne modificasse la quantità, che per esse si scarica, basterebbe, per ottenere il desiato scompartimento, fare la lunghezza delle loro soglie nella proporzione di $m:n$;

ma perchè il divisato sfregamento produce un divario vieppiù sensibile a misura, che maggiore è l'ineguaglianza di questa proporzione, così, per correggere quest' errore, converrà dilatare qualche poco di più la bocca minore, di modo che, qualora l'acqua del canale AB trovasi in uno stato ordinario, s' abbia nell' acqua scompartita la proporzione di $m:n$. Questa dilatazione si determina colla sperienza, misurando per ciò l' acqua, che si fa scorrere ne' due canali subalterni.

Se poi avvenga, che l'acqua da ripartirsi soggiaccia a mutazioni considerabili, e si voglia sempre ripartita secondo la stabilita proporzione di $m:n$, si farà, come prima, la bocca maggiore di figura rettangola, e la larghezza della bocca minore si determinerà colle divisate sperienze fatte, allorchè l' acqua nel gran canale trovasi in tre stati diversi, cioè nella massima depressione, nella massima escrescenza, ed in uno stato ordinario, la qual cosa somministra poi una larghezza diversa nelle differenti altezze, e quindi la figura di questa bocca riesce diversa dalla rettangola.

Stabilita in tal guiſa la grandezza delle bocche, ſe coll'andare del tempo ſeguiranno depoſiti di limo in queſte vicinanze, o germoglieranno erbe acquatiche atte a intorbidare la fatta ripartigione, converrà rimovere queſti oſtacoli, a fine di avere ſempre il partitore nelle circoſtanze medeſime, in cui è ſtato coſtrutto.

321. Nel ripartire le acque ſi uſa talvolta un altro apparato fatto con muraglia, o con tavole, denominato *verſatore*, per cui il ſovrappiù di una determinata quantità d'acqua, che trovaſi entro una conſerva, o che ſcorre in un canale, ſi ſcarica in un recipiente, o altro canale laterale coſtrutto in ſito più baſſo del primo. La maniera di combinare il verſatore dipende dai patti ſeguiti fra coloro, che debbono valerſi dell'acqua, motivo, per cui addurremo i riguardi principali da averſi nel fare queſt'apparato.

322. Suppoſto, che l'acqua, la quale ſcorre nel canale AB, debba eſſere a beneficio di un particolare, finchè non ſupera una determinata quantità $= Q$, e che, venendo queſta a creſcere, debba TAVOLA XIV. FIGURA 85.

una porzione dell' accrescimento scaricarsi nel canale laterale LI a beneficio di un altro particolare; si sceglie un sito CG, in cui si può fare una cascata, ivi si costruisce un canale regolare CGDD col piano orizzontale, e della lunghezza CG convenuta. La larghezza CD di questo canale dee essere talmente combinata coll' altezza CK espressa nel taglio fatto sulla retta EF, che l' acqua, la quale passa per la sezione CDMK, sia uguale alla quantità Q. Ciò posto, si fa la parete DH ugualmente alta alle sponde TS del canale, e si fissa l' altezza CK dell'altra parete CG, la quale forma in tal guisa il versatore, di modo che, crescendo l' acqua entro il canale AB, una porzione di questa si scarica nel canale laterale LI per tutta l' estensione GC del versatore.

323. A misura, che l' altezza dell' acqua nel versatore cresce da M verso H, la quantità, che passa per la sezione CDMK, riesce maggiore a motivo, che cresce la sua velocità; perocchè, se si vorrà sminuire quest' aumento, si userà uno, o più de' seguenti ripieghi.

1.°

1.° S' ammortirà l' acqua nel ſito A per mezzo di un ſoſtegno.

2.° S' accreſcerà la lunghezza CG del verſatore.

3.° Si collocheranno orizzontalmente nell' altezza KM i ritegni NN, volgarmente denominati *bride*, a fine di neceſſitare l' acqua a ſcaricarſi pel verſatore.

Se poi ſi vorrà, che l' acqua, la quale ſcorrerà in P, ſia preciſamente uguale alla quantità Q, quantunque l'altezza creſca da M verſo H, in ſimil caſo ſi collocherà un zaffo all' eſtremità GD del verſatore, il quale s' alzerà, o s' abbaſſerà ſecondo che è ſtato detto (§. 314), uſando perciò gl' indirizzi ivi ſpiegati.

324. Avendo preſenti le regole, gli indirizzi, e le avvertenze aſſegnate in queſto capo, ſarà facile in tutti i caſi di derivare, condurre, e ripartire le acque ſecondo che ſi deſidera; onde porremo fine a queſta dottrina così utile, e ſpecialmente nel Piemonte, e nella Lombardia.

CAPO III.

Della Natura de' Fiumi.

325. I fiumi traggono la loro origine da' fonti, che nelle più alte montagne ſcaturiſcono. Queſte acque ſono poi accreſciute ſucceſſivamente da altri fonti, da rivi perenni, e temporanei, dalla liquefazione delle nevi, e dalle piogge, motivo, per cui i fiumi ſono ſoggetti alle piene, ed a ſcemamenti conſiderabili.

Se le acque di un fiume, dopo d'aver ſcorſo un certo tratto di paeſe, incontrano un qualche gran ricettacolo, formano un lago, il quale nello ſfogarſi poi da una qualche banda produce di nuovo il fiume.

Altre volte le acque ſuddette ſcorrono entro un alveo continuato dalla ſua origine per fino a che sbocca nel mare, o in qualche altro fiume, chiamandoſi *Reale* quello, che copioſo d'acque attraverſa molte provincie, e conſerva lo ſteſſo nome, finchè ſi ſcarica nel mare, e diceſi *Tributario* il fiume, allorchè ſi ſcarica in un' altro, perdendo il ſuo nome

nel ſito dello sbocco, che *Confluenza* s'appella.

326. Noi oſſerviamo fiumi di varie ſpecie. Alcuni di queſti ſcorrono rinſerrati entro anguſte valli, di modo che, atteſa la reſiſtenza dell' alveo, le loro acque s' adattano forzoſamente alla figura, ed alle diſpoſizioni del ſito. Altri poi avviati entro valli più larghe ſi mantengono tutt' ora incaſſati fra terra, mentre altri nelle loro piene allagano le vicine campagne. Altri fiumi attraverſano vaſte pianure in linea retta, o tortuoſa ſenza però mutar ſito, mentre altri ad ogni minima piena formano nuovi canali, e producono iſole, e alluvioni, ſviandoſi in varie guiſe dal primario loro andamento, e finalmente altri aſtretti dall' arte ſcorrono perſeverantemente fra gli argini.

327. Grandiſſima è pure la varietà, che s' oſſerva nel movimento delle acque di un fiume. Quelli, che hanno il loro letto fra gli ſcogli, ed i gran ſaſſi, ſcorrono con moto precipitoſo, affatto irregolare, e confuſo, di modo che per cauſa delle frequenti cateratte, de' gorghi, e della gran diverſità fra le varie

ſezioni dell'alveo non vi ſi può ſcorgere la via dell'acqua, mentre altri fiumi traſcorrono con moto lento entro un alveo poco meno che regolare, diſtinguendoſi in eſſi con molta preciſione la corrente. Altri poi ſoggiacciono di tanto in tanto a movimenti vorticoſi di varie ſpecie. Que' vortici, che ſono formati da una voragine eſiſtente nel fondo dell' alveo, la quale aſſorbiſce una porzione dell'acqua del fiume, hanno ſempre due direzioni, cioè una a ſeconda della corrente, e l'altra d'alto in baſſo, di modo che le materie galleggianti, le quali paſſano nel vortice, vi ſi aggirano, e precipitano eziandio ſott' acqua, ognivoltachè l' azione della loro gravità ſpecifica verſo quella dell' acqua non prevale alla forza del movimento vorticoſo. Altri vortici poi, che *ciechi* s' appellano, ſono prodotti dagli oſtacoli poſti nell' alveo, e tendono a corroderne le ſponde, ognorachè il loro movimento a ſeconda della via dell'acqua è diretto contro le medeſime. Talora i vortici ciechi hanno anche una direzione d'alto in baſſo, per cui ſcavano il fondo dell' alveo molto vicino all' oſtacolo.

328. Dal fin quì detto si scorge, che per conoscere la natura de' fiumi, e le cause de' fenomeni, che in questi succedono, d' uopo è considerare

1.° Il movimento delle loro acque.

2.° La qualità del suolo, per cui il fiume trascorre, la figura, e l' andamento dell' alveo.

329. Per cominciare l' esame dal movimento, convien riflettere che, quantunque la velocità, con cui l' acqua scorre entro un fiume, dipenda dall' altezza di questa, e dalla declività dell' alveo (§. 310, 311), essa è però alterata dal continuo sfregamento, che incontra nell' alveo medesimo, e dalla diversa ampiezza fra le varie sezioni del fiume. Per la qual cosa nel ragionare di questa velocità convien supporre, che le superficie costituenti l' alveo siano in parità di circostanze per rispetto al loro liscio, o alle scabrosità. Ciò posto, se si avranno presenti le cose già insegnate, si conoscerà facilmente la verità delle seguenti proposizioni, senza che sia necessario dilungarsi in ragionamenti per dimostrarle.

1.° Che ſe in due ſezioni diverſe del medeſimo fiume le altezze dell'acqua ſaranno diſuguali, e il fondo dell'alveo ſarà ugualmente declive, l'acqua ſcorrerà più veloce in quella ſezione, in cui l'altezza ſarà maggiore. Per la medeſima ragione creſcerà la velocità nello ſteſſo ſito del fiume a miſura, che queſto diverrà più gonfio.

2.° Che, ſe ſaranno uguali le altezze dell'acqua in due ſezioni diverſe, e varierà la declività dell'alveo, la velocità ſarà maggiore in quel ſito, in cui il letto del fiume ſarà più declive.

3.° Che, mentre il fiume è in uno ſtato permanente, ſiccome paſſa la medeſima quantità d'acqua in ciaſcheduna ſezione, per quanto ſiano le medeſime diſuguali fra di eſſe, così la velocità creſce nel paſſare che fa l'acqua da un ſito largo in uno riſtretto, e ſuccede all'oppoſito, qualora l'acqua, uſcendo da un ſito ſtretto, ſi ſpande in uno più dilatato.

4.° Che la velocità dell'acqua rieſce diverſa in diverſi ſiti della medeſima ſezione a miſura, che varia l'altezza ſua, o lo sfregamento contro la

ſuperficie dell' alveo, riuſcendo maggiore eſſa velocità a miſura, che maggiore è l'altezza, o minore lo sfregamento.

5.° Che in ciaſcheduna ſezione evvi un punto, in cui trovaſi la velocità maſſima, allorchè l'altezza dell'acqua è conſiderabile. Queſto punto eſiſte ſempre nella corrente tra il pelo dell' acqua, ed il fondo dell' alveo.

330. Dalle coſe dette (§. 329) conſegue, che per miſurare la quantità dell' acqua, che ſcorre entro un fiume, è neceſſario miſurarne la velocità in diverſi punti di una medeſima ſezione, la quale converrà prima d'ogni coſa delineare eſattamente. A fine poi di rendere più ſemplici queſte operazioni, ſceglier ſi dee quel ſito dell' alveo, in cui la ſezione ha una figura poco meno che regolare. Se poi il fondo dell' alveo ſarà orizzontale, e liſcio nel ſito eletto, l' eſito delle operazioni riuſcirà aſſai più approſſimante al giuſto.

331. Nelle Inſtituzioni Fiſico-meccaniche ſi ſono date diverſe maniere per determinare la velocità effettiva dell'acqua in parecchi riſcontri; ma per miſurarla nei gran fiumi d' uopo è valerſi

del quadrante a pendolo, unico ſtrumento fin ora cognito, che adoperare convenga in ſimil caſo, non oſtante che somminiſtri ſoltanto approſſimazioni per cauſa delle alterazioni, cui nella ſperienza ſoggiace l' uſo di queſto ſtrumento.

TAVOLA XIV. FIGURA 86. La figura 86 rappreſenta il taglio verticale di un fiume fatto ſecondo la lunghezza dell' alveo, in cui KE addita la ſommità della ſponda, FI il pelo dell' acqua corrente, RT il fondo dell' alveo, ed LM la direzione orizzontale dell' acqua. Col mezzo di un treſpolo, o di altro ordigno adattato ſi colloca il quadrante ABC ſopra un ſaldo appoggio, e per eſempio ſopra un ponte, che attraverſa il fiume, come K, diſponendo il lato AC del quadrante in una poſitura verticale. Nel centro C s'attacca un filo CD baſtantemente lungo, e reſiſtente, alla cui eſtremità D evvi la sfera G più peſante dell'acqua a ſegno tale, che, combinando la ſua gravità ſpecifica con quella dell'acqua, e colla velocità di queſta, il riſultamento della ſperienza rieſce diſtinto, e concludente. Si allunga, o ſi raccorcia il filo, finchè la palla ſia ſott'

acqua in quella profondità, che si desidera, e si nota l' angolo ACG dello sviamento del pendolo, in cui G addita il centro della sfera. Ciò fatto, si considera CG per seno totale, e si trova il seno retto $= a$ dell'angolo ACG, e chiamando il peso noto di questa sfera pesata nell'acqua del fiume $= m$, s'instituisce l'analogia $CG : a :: m : \frac{am}{CG} = GH$ esprimente il peso, che coll'agire nella direzione GH perpendicolare alla CG svia la palla in G; ma siccome l'acqua scorre, ed agisce nella direzione orizzontale LM, così convien cercare la forza equivalente in quest' altra direzione col tirare dal punto H la HN parallela alla CG, e dal punto G tirare l' orizzontale GN, questa esprimerà il peso, che coll' agire nella direzione GN svia la palla al divisato segno.

Se questo peso cognito si chiama $= Q$, e si sostituisce nella formola $Q = \frac{pSc^2}{38}$ (Instituzioni Fisico-meccaniche §. 579) scrivendo in vece di S la superficie del gran cerchio della sfera, ed il peso di un piede cubo dell' acqua del

fiume $= p$ in vece di 367, se questa non sarà torbida, o altrimenti più densa, s' avrà la velocità ricercata $= c$ dell' acqua. Per esempio se sia $Q = \frac{5}{6}$ di libbra, il peso di un piede cubo dell' acqua del fiume $= 380$ libbre, $S = \frac{1}{152}$ di un piede, sostituendo questi numeri nella formola, si ha $\frac{5}{6} = \frac{380 \times \frac{1c^2}{152}}{38}$, e quindi $c =$ piedi $3 \frac{1}{2}$ in circa.

332. Le cause, che alterano l' esito di questa sperienza in modo, che la soluzione del problema riesce un' approssimazione più, o meno grossolana, sono

1.° Se molto densa, e pesante sarà la palla, e poca la velocità dell'acqua, l' angolo ACG riuscirà così picciolo, che non basterà a risolvere il problema. Per lo contrario, se la velocità sarà considerabile, e leggiera la sfera, questa verrà spinta dalla corrente fino alla superficie dell' acqua, onde non potrà farsi la sperienza.

2.° Qualora la sfera è immersa assai sott' acqua, la corrente, che batte nel filo CD, lo incurva, come DQC, onde l' angolo ACQ riesce maggiore del dovere.

3.° La corrente LM dell' acqua, che batte nella sfera, e nel filo, produce delle vibrazioni continue nel pendolo, per cui l' angolo dello sviamento crescendo, e scemando, non se ne può avere la precisa apertura.

333. Per determinare la quantità dell' acqua, che passa per la sezione HLM di un fiume, e la sua velocità mezzana (§. 330), convien delineare prima d'ogni cosa la sezione suddetta, e indi concepire, che la medesima sia divisa nelle superficie A, B, C, D, F fatte in que' siti, ne' quali dalle sperienze risulta diversa la velocità dell' acqua. Se si moltiplicherà ciascheduna di queste superficie per la corrispondente velocità, la somma di questi prodotti darà la quantità dell' acqua, che in un minuto secondo passa per la sezione HLM. Col dividere poi questa somma per la sezione suddetta, s' avrà nel quoziente la velocità mezzana.

TAVOLA XV. FIGURA 17.

334. Nel corſo de' fiumi importa ſommamente badare alla direzione della corrente, ed alle cauſe atte a mutarla, giacchè da queſta direzione dipende in parte il grado di forza, con cui l' acqua agiſce contro le ſponde per corroderle (Statica).

Nei fiumi diſteſi in linea retta la corrente trovaſi per l' ordinario nel mezzo dell' alveo, ed ha una direzione praticamente parallela alle ſponde, ma nei fiumi, che ſcorrono in letti tortuoſi, la via dell' acqua ſi mantiene vicino alla ſponda concava, e la ſua direzione ſi muta ad ogni tratto non ſolo in riguardo alla curvità della ripa, ma ancora, perchè va ſerpeggiando, e paſſa ſovente da una nell' altra ripa. L' influenza di un fiume in un altro, i gorghi conſiderabili, la diverſa pendenza dell' alveo, ed i corpi ſolidi poſti in queſto ſono le cauſe principali, che mutano la direzione della corrente. Se AB rappreſenta la direzione, e la velocità del fiume recipiente R, CA la direzione, e la velocità dell' influente I, col deſcrivere nell' angolo BAC il parallelogramo ABDC, s' avrà nel diametro AD la direzione, e

TAVOLA XV. FIGURA 11.

la velocità composta delle due correnti, la quale nell' avanzarsi verso E non si protenderà già secondo la retta DAE, ma per causa dell' acqua GH, che scorre vicino alla ripa, si piegherà verso F, ed acquisterà la direzione ALF.

Si piegherà pure verso N la corrente, che, avviata nella direzione FK, incontra nel gorgo M molt' acqua stagnante, o quasi stagnante. Se poi in vece di un gorgo si suppone, che il fondo dell' alveo inclini da M verso N, si comprende facilmente che l' acqua FK s'avvierà verso N, e che questo fenomeno si manifesterà più segnatamente, se nel sito M si porrà un ostacolo saldo, o altro simile impedimento al corso dell' acqua.

335. Alle addotte notizie intorno il movimento delle acque correnti si dee aggiugnere la considerazione di quelli altri fenomeni, che si manifestano

1.° Nel diramarsi le acque di un fiume.

2.° Nell'unione di due, o più fiumi.

3.° Nelle piene di un fiume.

336. Allorchè un fiume si dirama in due, o più canali, s' osserva, che in

certi casi l'altezza dell'acqua non è punto sminuita dopo la partizione, ancorchè l'ampiezza de' due canali di diramazione superi di gran lunga quella dell' alveo primiero. Altre volte poi si vede, che l'altezza dell' acqua nel diramarsi sminuisce considerabilmente, quantunque le ampiezze de' due canali insieme prese siano minori di quella del detto alveo. In altri riscontri si osserva, che una porzione dell'acqua si va accomodando in una certa declività nel sito della divisione, mentre non segue mutazione alcuna nella superficie dell' altra porzione. Tutti questi effetti dipendono, come già si disse, dalle diverse modificazioni, cui soggiace la velocità dell' acqua per causa della declività, e della larghezza degli alvei, degli sfregamenti, e degli altri ostacoli qualunque essi siano.

337. L' accoppiarsi, che fanno naturalmente parecchi fiumi per sfogarsi così uniti nel mare, o entro un fiume Reale (§. 335 n. 2), riesce molto utile agli uomini; imperciocchè si sminuiscono in tal guisa gl' impedimenti ai viaggiatori, e minore riuscendo la superficie occupata sul terreno dalle acque accoppiate,

maggior estensione di terreno si può coltivare. In fatti ricavasi dall' osservazione, che un fiume, il quale si scarica in un' altro, non lo fa crescere in profondità, nè in larghezza a misura della quantità delle acque, che vi porta dentro, ma vi produce scavazioni minori, le quali sono modificate dalla velocità, che le due acque avevano prima di unirsi, da quella, che acquistano dopo la loro unione, e dalle seguenti circostanze.

1.ª Se il fiume influente entra in acqua bassa del recipiente, l' altezza in questo cresce assai più di ciò succeda, quando è più gonfio; imperciocchè, qualora il recipiente è gonfio a segno tale, che la superficie delle sue acque è sensibilmente a livello nella confluenza dei due fiumi, non si scorge nel recipiente accrescimento sensibile nè in altezza, nè in larghezza, e tutto il divario, che si manifesta, consiste nel crescere che fa la velocità dell' acqua.

2.ª Allorchè nell' influente l' acqua cresce al di là di ciò ne può contenere il suo alveo, questa si sparge lateralmente alle sponde, e produce inondazioni, ancorchè nella confluenza l'acqua

dell' influente sia alquanto al di sopra di quella del recipiente, la qual cosa nasce dallo sfregamento, che l'acqua dell' influente incontra nel suo alveo, per cui non può accelerare il movimento a segno di assottigliarsi tanto che basta per isminuire la sovrabbondante altezza.

3.ª Qualora il fiume recipiente è nella sua piena, e l'influente trovasi in acqua bassa, si produce sempre un ringorgamento nella confluenza del tributario, il quale si estende più, o meno secondochè si conviene alla declività del suo alveo, e purchè nell' estensione del ringorgo le sponde sopravanzino qualche poco il pelo dell'acqua, più non si pericola l'inondazione. La stessa cosa avviene ognivoltachè l' acqua cresce nell' influente, a segno però di esser tutt'ora contenuta nell' alveo al di sopra del ringorgo, e tutto il divario, che in questa circostanza s' osserva, consiste in questo, che l' acqua del ringorgo, la quale prima sembrava stagnante, manifesta un tenue movimento verso il recipiente.

338. Le piene de' fiumi (§. 335 n. 3) succedono o per straordinaria copia d'acqua, o per causa di un qualche nuovo ringor-

ringorgamento. Per giudicare delle piene di un fiume, le quali procedono da straordinaria copia d' acque, convien badare

1.° Alla superficie del terreno, che somministra l'acqua nel fiume, e ne' suoi tributari: imperciocchè a misura, che questa superficie è più estesa, maggiori riescono le piene in occasione di pioggie dirotte, e di precipitosa liquefazione delle nevi.

2.° Alla quantità d' acqua, o di neve, che in un determinato tempo cade sopra una superficie cognita, la qual cosa si misura facilmente coll' esporre all'aria aperta un vaso, che riceve immediatamente le acque piovane, e le nevi.

3.° Al pendío del terreno, che somministra l' acqua nel fiume, giacchè a misura, che maggiore è la pendenza, più presto scolano le acque nel fiume, e quindi non lasciano tempo a quelle, che già vi si trovano, di scorrere bastantemente.

4.° Alla capacità dell' alveo, ed alla velocità, che l' acqua vi può acquistare. Se la velocità, che l' acqua acquista nel recipiente, uguagliasse la

somma di quelle degl' influenti, le piene non avrebbero giammai luogo; ma, perchè la detta velocità riesce minore, avviene, che l' acqua del recipiente più non esce a misura della sopravvegnente; onde succedono necessariamente escrescenze, le quali sono maggiori a misura, che maggiore è la differenza tra la velocità nel recipiente, e la somma di quelle negli influenti.

339. Da tutte queste considerazioni consegue

1.° Che le piene de' fiumi minori durano meno di quelle de' maggiori, ma succedono con maggior prestezza, e frequenza.

2.° Che le piene de' fiumi maggiori seguono per l' ordinario in certe determinate stagioni; ma i fiumi minori, e specialmente i torrenti hanno le loro piene in tempi indeterminati.

340. I ringorghi atti a produrre una piena (§. 338) procedono o da ostacoli, che coll' essersi fermati in qualche sito dell' alveo lo hanno ristretto considerabilmente, o dall' accrescimento d' acqua nel fiume recipiente, di modo che l' altezza in questo supera assai quella

dell' influente. Queste piene si estendono più, o meno lungo l'alveo dell'influente a misura, che questo s'accosta diversamente alla direzione orizzontale, e terminano sempre là, dove finisce il ringorgamento, producendo al più allagamenti, e interramenti; ma le piene cagionate da una straordinaria copia d'acque sono assai più perniciose a motivo delle corrosioni, e dei nuovi canali, che talora formano nelle vicine campagne.

Delle piene cagionate dai ringorghi del recipiente nell' influente se ne hanno facilmente riscontri in vari luoghi. Allorchè il Po cresce considerabilmente nel Piemonte, s' introduce nell' alveo del torrente *Banna*, e vi produce un ringorgo, che inonda il territorio nelle vicinanze di Santena, e ciò specialmente, quando piove per alcuni giorni nel suolo, che somministra l' acqua a questo torrente. Altre volte il Po s' introduceva colle sue piene nel basso Mincio, e vi produceva un ringorgo, che si estendeva perfino nel lago di Mantova. A fine d' impedire i pessimi effetti, che da ciò ne derivavano, è stato costrutto entro il Mincio nell' attinenza del

villaggio di Governolo un lavoro detto la chiusa di Governolo distante poche miglia dalla confluenza del Mincio nel Po.

341. Passiamo a esaminare le leggi, che la natura osserva nello stabilire l'alveo di un fiume col mezzo delle acque correnti.

Allorchè si fanno scorrere sopra un suolo inclinato le acque di un copioso fonte, si osserva, che queste s'avviano per li siti i più declivi, e che trascorrono sulla superficie del suolo senza scavarlo, ognivoltachè questo colla sua resistenza supera l'azione dell'acqua, e che, qualora il suolo cede a questa forza, l'acqua vi scava un alveo, il quale dopo un certo tempo più non muta figura, finchè la quantità dell'acqua è la stessa; ma, venendo questa a crescere, si producono nuovamente scavazioni, e corrosioni nell'alveo, e contrariamente si manifestano interramenti, alluvioni, isolette, ed altre somiglianti deposizioni, tosto che l'acqua decresce.

Qualora in un terreno omogeneo si scava un canale regolare PQRS, in cui sia la profondità PS uguale alla larghezza

TAVOLA XV. FIGURA 19.

PQ, e che vi si introduce tutta l' acqua, di cui il canale è capace, se la resistenza del terreno cede alla forza dell' acqua, si osserva, che questa col corrodere le pareti del canale ne cambia la figura, come TVZ, che la larghezza TZ del nuovo alveo riesce maggiore della profondità VX, e che la proporzione fra queste due dimensioni varia secondochè è diversa la qualità del terreno, o la velocità dell' acqua, o la sua quantità.

342. Dalle addotte osservazioni (§. 341), e da quelle altre, che fare si possono intorno somiglianti fenomeni, che la natura ci presenta in tanti luoghi, si deducono le seguenti leggi.

1.ª Che ciascun fiume ha necessariamente la sua valle, cioè che scorre per li siti i più bassi, che s' incontrano nelle regioni, per cui passa, ognivoltachè ostacoli insuperabili non lo necessitano a passare altrove.

2.ª Che lo stabilire, che fanno da se le acque di un fiume, il proprio alveo, dipende dalla forza di queste, e dalla resistenza del terreno, per cui le medesime trascorrono, e quindi che a

ciascun fiume si compete un alveo colle sue particolari dimensioni.

343. La forza, che l'acqua in movimento esercita contro una superficie, è, come già si disse nelle Instituzioni Fisico-meccaniche, della natura delle pressioni, e dipende dalla sua gravità specifica, dalla velocità e direzione, con cui urta la superficie.

La resistenza del suolo dipende dall' essere questo formato con materie legate, come sono gli scogli, il tufo, la creta dura ec., o pure dall'essere costituito con materie slegate di diversa gravità specifica, le quali presentano all' acqua superficie diverse, come a dire le ghiaie grosse, le minute, l'arena, il terreno ordinario, il limo ec.

Gli scogli non soggiacciono a corrosioni sensibili se non dopo un tempo lunghissimo, di modo che non se ne fa caso. Il tufo poi cede in minor tempo, e il terreno cretoso è corroso più facilmente del tufo.

Fra le materie slegate, che cedono al movimento dell'acqua, alcune sono strascinate lungo il fondo dell'alveo, altre vi sono qualche poco sollevate, ed

altre più minute e fine s'inalzano assai, e intorbidano l' acqua.

Premesse queste cose convien esaminare particolarmente i fenomeni, che si manifestano nell'alveo di un fiume.

344. Rappresenti MN la pianta di un canale di figura parallelepipeda scavato in un terreno omogeneo, e sia ABKC il taglio verticale fatto secondo la sua lunghezza declive da A verso B; se in questo canale s' introdurrà tant' acqua, che tutto lo empia, e il medesimo sarà scavato fra materie molto resistenti, l'alveo conserverà tutt' ora la stessa figura; ma se il terreno cederà, e l' acqua nel giugnere in A sarà ridotta al moto equabile, siccome essa avrà la forza massima, che acquistar può in queste circostanze, così scaverà il fondo A, e le sponde MN, e nel tempo stesso esporterà le materie corrose; per lo che scapiterà nella sua velocità a misura, che progredirà verso B, ove più non avrà forza bastante per scavare il fondo, e comincerà eziandio a depositare in H le materie strascinate; per la qual cosa, sminuendosi la declività dell' alveo, l'acqua ammortita s' alzerà da K in D, e TAVOLA XV. FIGURA 90.

formerà una ſpecie di ringorgo DC, per cui ceſſando ogni ſcavazione nel fondo, rimarranno tutt' ora le ſponde N eſpoſte alle corroſioni nel ſito F per cauſa della maggior velocità dell' acqua prodotta dall' altezza HD maggiore di HK.

L' acqua inalzataſi in D accelererà di nuovo il ſuo movimento nello ſcorrere verſo G, ove termina il depoſito delle materie H, e quindi produrrà, col creſcere in velocità, altre mutazioni nell' alveo a miſura, che s' avanzerà verſo L.

Se poi ſi delineerà la figura del taglio traſverſale fatto ſulla retta NN, ſi troverà, che la figura PQRS del canale fatto con arte (fig. 89) è ſtata mutata dall' acqua nella TVZ.

345. Allorchè colla ſcorta delle fatte rifleſſioni ſi eſaminano gli alvei dei fiumi, ſi trova, che la natura nel formarli oſſerva le ſeguenti leggi.

1.ª Che la forza dell' acqua s'equilibra più preſto col fondo dell' alveo, che colle ſponde, e che la larghezza di queſto ſupera maggiormente la profondità a miſura, che il terreno può eſſere più facilmente corroſo dall' acqua.

2.ª Che la larghezza, e la profondità dell' alveo crescono nella stessa qualità di terreno a misura della maggior copia d' acqua, che il fiume porta nelle sue piene, ed è questa la cagione, per cui, qualora s' introduce un fiume entro un altro, che ha il suo alveo già stabilito, vi si producono scavazioni nel fondo, e corrosioni nelle ripe.

3.ª Se coll' arte, o casualmente si ristrignerà l' alveo di un fiume in modo, che l' acqua più non potrà dilatarlo, questa scaverà maggiormente il fondo, ed esporterà le isole, e le alluvioni, che per avventura s' incontreranno nel sito ristretto.

4.ª Se coll' arte si dilaterà l' alveo naturale di un fiume, il suo fondo s'alzerà, e talora si formeranno alluvioni, isole, ed' altri somiglianti depositi. Lo stesso succederà, se da un fiume si deriverà un gran canale, o si diramerà il fiume in più alvei in modo, che le larghezze di questi insieme prese superino la larghezza dell' alveo prima della diramazione.

346. Le addotte leggi (§. 345) si riferiscono alla proporzione tra la larghezza

dell' alveo, e la sua profondità, le seguenti s' appartengono alla declività del fondo.

1.ª Se l' alveo di un fiume sarà fra materie così tenaci, che la forza dell' acqua non basterà a corroderle, quella declività, che le sarà stata data dalla natura, o dall' arte, si manterrà invariabile. Allorchè somiglianti alvei sono l' effetto della natura, la loro declività suol essere grande.

2.ª Il fiume, che trascorre per un terreno, che cede alla forza dell' acqua, ha il fondo meno declive a misura, che maggiore è la forza dell' acqua, o che il terreno è meno resistente, o che sono più trite, o più leggiere le parti staccate, che trovansi nell' alveo.

3.ª Qualora la forza dell' acqua è tale, che senza l' aiuto di qualche declività basta a sovvertire le parti staccate nel fondo, ed esportarle, in simil caso l' alveo non acquista veruna pendenza, ma la lunghezza del fondo stà disposta in una linea orizzontale, e si conserva in questa disposizione, quantunque cresca la forza suddetta, la quale altro effetto più non vi produce, se

non ſe ſovvertire un maggior numero di particelle.

4.ª Quel fiume, che conſerva ſempre il medeſimo corpo d'acqua, ha il ſuo fondo diſteſo in una ſol linea; ma, ſe queſto s'anderà ingroſſando per l'influenza de' fiumi tributarj, il fondo del recipiente ſarà eſpreſſo da due linee nel ſito della confluenza, le quali formeranno un angolo molto ottuſo.

5.ª Nei fiumi ſoggetti alle piene il fondo ſi ſcava in varie linee curve, mentre l'acqua accelera il ſuo movimento, ed, allorchè queſto è ridotto all'uniforme, eſſo fondo ſi va diſponendo in linee rette diverſamente inclinate, ſecondochè diverſa rieſce la velocità dell'acqua nei differenti ſiti della lunghezza dell'alveo.

347. Le regole fin quì ſpiegate riguardano lo ſtabilirſi, che fanno da ſe le acque di un fiume, il proprio alveo per mezzo di ſcavazioni fatte in un terreno omogeneo; convien ora eſaminare come, e quando le medeſime ſtabiliſcono il loro letto per alluvione, e per riempimento.

Fra le materie ſtraſcinate dal corſo di un fiume alcune ſono più leggiere, o di peſo uguale all'acqua, onde ſono affatto improprie per fare depoſiti; le altre poi, che ſono dell'acqua più peſanti, formano le alluvioni, le iſole, e gli altri riempimenti, allorchè decreſce la piena, o che queſte materie incontrano oſtacoli idonei a fermarle. Le ghiaie, e le altre materie groſſolane, le quali ſono dal movimento dell'acqua ſtraſcinate quaſi radente il fondo dell'alveo, ſi depoſitano aſſai più facilmente di quelle altre, che, per eſſere più trite, o meno denſe, ſono dal gran movimento ſollevate a maggior altezza, e ſtando incorporate coll'acqua la mantengono torbida, finchè il movimento ſminuiſce a ſegno tale, che l'azione ſua rieſce minore di quella, che è prodotta dalla differenza fra le gravità ſpecifiche dell'acqua, e di queſte materie. Ridotte le coſe a queſto ſegno ſi fa luogo alle leggi dell'Idroſtatica, e quindi le materie peſanti, cadendo nel fondo dell'alveo, empiono molte cavità, e producono iſole, e alluvioni.

348. Premesse queste riflessioni si comprende facilmente

1.° Che, venendo a decrescere la piena di un fiume torbido, si debbono formare depositi nei siti più lontani dalla corrente, ove questa perde quel movimento, per cui le materie più pesanti dell' acqua stavano con essa incorporate.

2.° Se coll' arte si dilaterà soverchiamente l' alveo di un fiume, le sue sponde diverranno tosto terrose, o si formeranno isole nel mezzo dell' alveo; in somma questo si ristrignerà a quel segno, che esige la quantità dell' acqua, e la declività. Le medesime cose succederanno dietro le parti salienti di una sponda, ognivoltachè la corrente, nello scostarsi dalla ripa, s' avvierà nell' altra opposta senza cagionare vortici.

3.° Che la declività di un fiume torbido varia a misura, che l' acqua cresce, o decresce, in vece che questa declività è costante, qualora le acque sono sempre chiare.

4.° Che per rendere in qualche modo stabile l' alveo di un fiume torbido, d' uopo è introdurvi nuove cause, le quali operino di continuo, e impe-

discano i depositi , come a dire ristrignerne l'alveo , accrescere la quantità dell'acqua.

349. Dallo stabilirsi , che fa un fiume il proprio alveo ora per corrosione , ed ora per deposito , avviene , che le sue sponde riescono molto erte in certi siti, mentre in altri siti hanno una pendenza dolce. Le prime si chiamano volgarmente *piarda*, e *spiaggia* le seconde , le quali per lo più sono formate dalle alluvioni. In questo caso il terreno formato dalle alluvioni si ripartisce fra i proprietari delle campagne confinanti col fiume . Per venire a questa ripartizione si osservano leggi , e statuti particolari a ciaschedun paese , ai quali basta aver ricorso ; imperciocchè , stabilita la norma per queste divisioni , si risolve poi il problema colla sola geometria pratica.

350. Resta all'ultimo a esaminare da che proceda il corso rettilineo , o tortuoso de' fiumi , e quale di questi due meglio convenga.

L'acqua, che scorre per un pendío, tende colla sua gravità ad avvicinarsi al centro della terra per la strada più breve, e non declina da questa legge,

ſalvo che incontri oſtacoli ſuperiori all' azione della gravità: da quì avviene, che, ſe la maggior pendenza di un terreno diſpoſto in forma di valle ſarà diſteſa in linea retta, l' acqua ſcaverà l'alveo in linea retta, ognivoltachè il terreno ſarà omogeneo; ma, ſe la maggior pendenza anderà ſerpeggiando nella valle, o ſe, eſſendo la medeſima diſteſa in linea retta, la reſiſtenza del terreno ſarà varia, l' acqua ſcaverà l' alveo in una maniera tortuoſa.

351. Allorchè ſi conſiderano gli alvei rettilinei naturalmente ſcavati in un terreno omogeneo, ſi trova che la maggior profondità dell' acqua è nel mezzo V dell' alveo, ove ſi mantiene la corrente, e che il movimento dell' acqua vicino alle ſponde è molto languido per riſpetto alla corrente medeſima, motivo, per cui le ſponde reſiſtono facilmente a queſta forza. Qualora poi il fondo dell' alveo non è da per tutto omogeneo, la maggior profondità trovaſi nel ſito y, ove il terreno cede più facilmente. In ſimil caſo, ſiccome la corrente ſi mantiene nel ſito My, e la velocità dell' acqua vicino alla ripa Z ſupera di gran TAVOLA XV. FIGURA 19.

lunga quella, che osservasi in T., così, se l'alveo si dee conservare in retta linea, d'uopo è, che la resistenza della ripa Z superi l'azione dell'acqua.

352. Si scorge adunque che, se un fiume scorre entro un alveo omogeneo distesо in linea retta, questo non può diventare tortuoso, salvo che vi si introduca un qualche ostacolo atto a mutare la direzione della corrente a segno di ribatterla nell'opposta ripa (§. 334).

TAVOLA XV. FIGURA 91. Se nel fiume rettilineo ABKL si metterà l'ostacolo insuperabile BF, l'acqua ABCD, sminuendo necessariamente nella sua velocità, s'alzerà di corpo; e quindi spingerà verso L la corrente PQ, la quale acquisterà una forza e direzione composta RS, e questa verrà accresciuta dalla maggior velocità, che l'acqua acquista nel passare pel sito più ristretto FL (§. 329 n. 3). La quantità, e direzione di questa forza in tal guisa composta non si può altrimenti determinare se non se ne' casi particolari, giacchè dipende dalla diversa velocità PQ, con cui l'acqua può scorrere nei diversi fiumi, dalla lunghezza BF dell'ostacolo, e dall'angolo ABF. Ciò, che può dirsi

dirsi in generale su questo proposito, è che, se l'angolo ABF sarà retto colla direzione CD dell'acqua, se la velocità PQ sarà grande, e l'ostacolo BF s'inoltrerà assai nell'alveo, l'acqua verrà fortemente ribattuta contro il sito G dell'opposta ripa KL; ma, se l'acqua si moverà lentamente, se molto ottuso sarà l'angolo CDF della corrente, e se l'ostacolo BF s'inoltrerà poco nell'alveo, in tutte queste circostanze la direzione RS sarà poco diversa dalla primiera, e l'azione dell'acqua contro l'opposta ripa riuscirà di gran lunga minore, e talora poco sensibile.

Ciò, che detto è degli ostacoli artificiosamente posti nell'alveo di un fiume, dire si dee di quegli altri, che casualmente vi si introducono, come avviene, allorchè nelle piene il fiume esporta alberi, e grossi legni, i quali, venendo arrestati dalle irregolarità, che s'incontrano talora nell'alveo, formano una specie d'argine, il quale, sviando la corrente dalla sua direzione naturale, la ribatte contro le sponde.

353. Cognite le cause, per cui la corrente di un fiume disteso in linea retta

è sviata dalla direzione parallela alle sponde, si comprende facilmente che, se la ripa KL, contro cui l' acqua batte, non sarà molto resistente, cederà alla forza della corrente, e quindi succederanno corrosioni, per cui si formerà la concavità G. L' acqua ribattuta nel sito concavo G si rifletterà necessariamente in una direzione MN pure obbliqua alla sponda AB, e urtando quindi in H, vi produrrà un' altra concavità, ed ecco come l' alveo rettilineo di un fiume comincia a diventare tortuoso.

354. Nei fiumi di corso tortuoso la corrente si trova sempre vicina alla ripa concava, contro cui batte in un angolo d' incidenza maggiore a misura, che la sponda è più concava, dal che in parità di circostanze nascono poi corrosioni più copiose. Ma, perchè nel moltiplicarsi le tortuosità si sminuisce necessariamente la declività dell' acqua, avviene, che la forza sua sminuisce a segno tale, che più non basta a corrodere la sponda concava, e quindi, terminate le corrosioni, la figura dell' alveo si mantiene stabile, finchè il fiume è in uno stato permanente.

Dallo stesso scemamento di declività avviene poi, che l'alveo tortuoso è scavato in una profondità minore di quella, in cui trovavasi, allorchè era disteso in linea retta.

355. Que' fiumi, che, tortuosi scorrendo in una stretta valle, incontrano promontorj, e quegli altri, che, camminando in una valle più larga, hanno le sponde scavate in un suolo molto resistente, più non cambiano il loro andamento; ma i fiumi tortuosi, che scorrono per un terreno poco resistente, e piano per ogni verso, formano sovente nelle loro piene canali nuovi con iscapito considerabilissimo de' beni coltivi, ed è questo un forte motivo per procurar di raddirizzarne l'alveo, finchè si può, giacchè in questa disposizione più non succedono corrosioni nelle sponde, salvo che s' introduca casualmente un qualche ostacolo nel fiume (§. 334, 352).

Dal riflettere, che un fiume tortuoso occupa una superficie di gran lunga maggiore di quella occupi lo stesso fiume disteso in linea retta (§. 354), si scorge un altro motivo, per cui importa sommamente di raddrizzare i tortuosi,

e di mantenere in un corfo rettilineo quelli, che già vi fi trovano ridotti. A tal fine fe l' alveo rettilineo di un fiume farà fcavato fra materie poco refiftenti, fa di meftiere, che in occafione delle piene gli abitanti di que' contorni ftiano in attenzione per difimpegnare gli alberi, o altre fomiglianti cofe, che ftrafcinate dall' acqua veniffero per avventura a fermarfi, e produrre una fpecie d' argine capace a cagionare corrofioni nelle fponde.

CAPO IV.

Dei Lavori, che fi fanno nei Fiumi.

356. I lavori, che fi fanno nell' alveo di un fiume, hanno per oggetto o di fchivare i danni, che il fiume minaccia, o di trarre qualche gran vantaggio da quefto.

357. Fra i danni minacciati da un fiume fono confiderabili quelle corrofioni, e quelle rotte nelle fponde, per cui l' acqua fi fcava un qualche canale nuovo, e ingoia i terreni coltivi, o coll' inondare le vicine campagne ne fovverte

i ſeminati, e le meſſi, confonde i termini dei poderi, e talora rende ſterile il terreno col coprirlo di ghiaie, e d'arena.

358. Si trae vantaggio da un fiume collo ſminuire il ſoverchio terreno, che col ſuo corſo tortuoſo, e inſtabile va occupando, col renderlo navigabile per facilitare il commercio, o col derivare dal medeſimo uno, o più canali a beneficio delle campagne, e per dare movimento a varie macchine neceſſarie, o utili.

359. Qualunque ſia l'oggetto del lavoro da praticarſi nell' alveo di un fiume, egli è ſempre indiſpenſabile, che, prima d'idearlo, ſi uſi ogni cura per conoſcere la natura del fiume, e tutte quelle cauſe, e circoſtanze, che idonee ſono a produrre in eſſo un qualche cambiamento; affinchè il lavoro, che vi ſi praticherà, rieſca il più confacente al biſogno, e ſi ſchivi nel tempo ſteſſo ogni inutile ſpeſa. A tal fine ſi eſaminerà diligentemente il fiume in tre ſtati diverſi, cioè in tempo delle maggiori piene, allorchè trovaſi in uno ſtato ordinario, e qualora è ridotto alla maſſima ſua depreſſione.

Nell' esame, che si farà in tempo della massima depressione, si considererà come siano estesi, e disposti i diversi piani, e le varie superficie, che formano l' alveo, quali le loro pendenze, e quindi l'avviamento, che queste figure dare possono all'acqua; si baderà in oltre alla qualità dell' alveo per argomentarne la resistenza in tempo delle piene, e si prenderà la misura di varie sezioni in quelle vicinanze, in cui si medita di costruire il lavoro.

L' esame del fiume, mentre questo trovasi in uno stato ordinario, servirà a conoscere, come le cose osservate nella massima depressione contribuiscono all' avviamento dell' acqua, alle corrosioni, alle alluvioni, ed agli altri depositi. Finalmente nell' esame, che si farà delle massime piene, si baderà sopra ogni cosa alla direzione, e forza dell' acqua, quali sono le parti delle sponde le più esposte a questa forza, e quali i siti, in cui riesce minore la resistenza del terreno; in somma si considereranno tutte le cause principali, che concorrono a produrre nel fiume mutazioni di qualche conseguenza.

Dopo d' aver fatte le divisate osservazioni con quella diligenza, e perizia, che si conviene, si esaminerà un' altra volta il fiume ridotto in uno stato ordinario, ed allorchè è depresso al maggior segno, a fine di conoscere, e riscontrare radicalmente l' origine, e le cause de' fenomeni, che si sono osservati in tempo della piena.

Dalle cose spiegate nel capo antecedente risulta chiaramente la necessità assoluta di fare tutte queste osservazioni, affinchè colla loro scorta, e mediante gl' indirizzi, che si danno in questo capo, s' arrivi a ideare fondatamente i lavori di varie specie adatrati al fine, per cui si dovranno costruire.

360. Due sono le maniere generali di schivare i danni minacciati da un fiume (§. 357). Consiste la prima nel togliere le cause delle corrosioni, delle rotte, e delle inondazioni, e consiste la seconda nell' ostare alle cause suddette per deluderne gli effetti. La prima di queste maniere, essendo più sicura dell' altra, si dee preferire, ognivoltachè non vi osti una spesa considerabile; chiaro

essendo che, tolta la causa, cessano infallibilmente gli effetti.

361. A fine di applicare l'addotta massima (§. 360) ai fiumi, che scorrono entro un alveo capace a contenerne le piene, convien distinguere i seguenti casi principali.

1.° Se le ripe sono soggette a corrosioni per causa della gran velocità dell' acqua, d'uopo è sminuire questa velocità, la qual cosa s'ottiene col dilatare maggiormente l'alveo (§. 329 n. 3), prendendo norma per questa maggior dilatazione da quelle altre sezioni, le quali, attesa la loro maggior estensione, non sono soggette alle corrosioni. Si sminuisce pure la velocità dell' acqua col fare dei rialti attraversanti il fiume, lasciando in essi un' apertura in sito conveniente alla navigazione, qualora il fiume è navigabile.

2.° Se le corrosioni delle sponde succedono per causa delle parti salienti, o di altri ostacoli, che, inoltrandosi nell' alveo, ribattono l'acqua nella opposta ripa, converrà distruggere esse parti salienti, e rimovere gli ostacoli troppo inoltrati.

3.° Se le corrosioni avvengono per causa delle grandi tortuosità dell'alveo, converrà raddirizzarlo per sminuire in tal guisa l'azione dell'acqua (§. 351) contro le sponde, e se il fiume, essendo disteso in linea retta, sarà soggetto alle corrosioni, perchè la corrente è troppo vicina a una delle ripe, si procurerà d'avviarla nel mezzo con una scavazione artifiziale più profonda di quella, che dà luogo alla corrente in vicinanza della ripa, o col gettare in questo sito grosse pietre, per cui si venga a sminuire considerabilmente la profondità dell'alveo.

4.° Se le corrosioni succederanno, perchè le sponde sono disposte in piarda, converrà ridurle in ispiaggia, giacchè la forza dell'acqua riesce assai meno efficace contro i piani disposti a guisa di spalto dolce.

5.° Finalmente, se le sponde saranno corrose per causa della tenue resistenza del terreno, non ostante che le medesime siano ridotte in ispiaggia, converrà dilatare maggiormente l'alveo, o usare qualcheduno altro de' già divisati ripieghi. Talora nel sito della corrosione basta scavare la ripa a guisa di un seno, a

fine di formare un gorgo d'acqua ſtagnante, o molto ammortita, giacchè queſta è da ſe ſola valevole a oſtare alla corrente (§. 334). In difetto di queſto ripiego converrà rinforzare la ripa con un qualche riparo.

362. Per raddirizzare l'alveo di un fiume tortuoſo è neceſſario ſcegliere pel nuovo letto il ſito più baſſo di que'contorni, in cui il terreno ſia omogeneo, e facile a eſſere corroſo dalla corrente, affinchè, dopo d'aver coll'arte ſcavato un canale di competente grandezza, ed avervi introdotta l'acqua del fiume, queſta termini da ſe l'alveo ſecondo quelle miſure, che ſi convengono alla ſua quantità, ed alla declività del ſuolo. A tal fine, prima d'intraprendere il canale fatto con arte, ſi faranno nel ſito ideato parecchi ſaggi col mezzo di pozzi, o col piantare lunghi pali, a fine di accertarſi con eſſi, ſe le materie cederanno alla forza dell'acqua.

Gli indirizzi particolari per divenire a queſt'operazione ſono i ſeguenti nella
TAVOLA ſuppoſizione che, per raddirizzare l'al-
XVI. FIGURA veo ABCT, ſiaſi già riconoſciuto pro-
92. prio il terreno DFLH.

1.° Si ſcaverà un canale MN, il quale avrà il ſuo imbocco M diretto verſo la corrente PQ, ed avrà la forma MO d' un imbuto, a fine di facilitare l'avviamento dell' acqua in eſſo.

2.° Lo sbocco N del canale MN ſi farà corriſpondere al ſito RS, ove trovaſi il maggior fondo dell' alveo diretto verſo il mezzo T della larghezza.

3.° Mentre ſi ſcava il canale MN ſi pianteranno nel ſito FG due, o tre file di pali per formare una chiuſura, e dopo che ſi ſarà aperto l'imbocco M, col mezzo di pertiche, e di rami intralciati ai pali, o con groſſi e lunghi ſalſiccioni pieni di pietre s'anderà formando la chiuſura FG, la quale a miſura, che s' alzerà, neceſſiterà l' acqua a introdurſi in maggior copia nel canale MN, in cui col creſcere di corpo, ed in velocità ſcaverà da ſe l' alveo DFLH al ſegno, che ſi conviene. In queſto tempo ſi ſtarà in attenzione per oſſervare, ſe talvolta s' incontraſſe qualche materia troppo reſiſtente, a fine di rimoverla in quel miglior modo, che permetteranno le circoſtanze, e quindi di prevenire ogni tortuoſità nel nuovo alveo.

4.° Siccome in queste operazioni si ha in mira di bonificare, e rendere coltivo l'alveo FBC, che si fa abbandonare al fiume, così, per divenirvi con facilità e poca spesa, si fa la chiusa FG dell'altezza, che si compete solamente a una piena mezzana, e si fa la chiusa inferiore CL assai più alta, affinchè, essendo la prima sopravanzata dall'acqua in tempo dell'escrescenza, non possa esserla l'inferiore, e quindi l'acqua travasata nell'alveo FBC depositi le materie terree. Se, dopo che saranno seguite due, o tre escrescenze, s'avrà l'avvertenza di alzare maggiormente le dette chiusure, il vecchio alveo si troverà presto empiuto a grande altezza.

Il fiume Po era negli scorsi anni molto tortuoso nei territori di Lombriasco, Carmagnola, e Carignano, ove colle sue corrosioni cagionava danni gravissimi. Nel 1764 si è raddirizzato il suo alveo per l'estensione di trabucchi 2800 circa nel terreno compreso tra la confluenza della Macra, ed il ponte di Carignano, ed, essendosi in questo lavoro praticati gli divisati indirizzi, è succeduto, che in tre piene si è bonificato

interamente il vecchio alveo, e nel renderlo coltivo si è acquistata un'estensione grandissima di terreno, essendo cessati i danni, che nelle piene sperimentavano di continuo i divisati territori, avvegnachè il fiume d'allora in poi si è sempre mantenuto nel nuovo alveo.

Il canale, che fu allora scavato per avviare il Po in linea retta, e formarsi da se un nuovo alveo, era largo trabucchi 6, e la larghezza del nuovo alveo scavato dal fiume è riuscita di trabucchi 25 in 30, dopo che sono seguite le maggiori piene.

363. Allorchè un fiume danneggia le campagne coll'inondarle (§. 357), conviene osservare, se ciò avvenga per causa di qualche ringorgo prodotto da soverchia strettezza in qualche sito dell'alveo, o pure perchè l'alveo, essendo fra materie molto resistenti, non può dalla piena essere dilatato a segno di contenere tutta l'acqua. Nel primo caso basta dilatare l'alveo nel sito ristretto, o altrimenti rimovere gli ostacoli, che cagionano il regurgito; ma nel secondo caso fa di mestiere, che nei siti dell'alveo, ne' quali l'acqua sormonta la ripa, si

faccia un argine alto e lungo tanto, che basti a contenere la massima piena. Talora, per accertare il buon esito di questo lavoro, si fa l'argine distante alcuni trabucchi dalle sponde, e si costruisce in linea retta, affinchè l'acqua nel dilatarsi maggiormente scemi di forza contro l'argine, il quale per l'ordinario basta, che sia costrutto con terra ben battuta, e disposta a guisa di spalto verso il fiume. Altre volte poi l'argine si riveste con zole di terra dalla banda del fiume, o si piantano boscaglie composte di molti vimini al piè dello spalto, affinchè colle loro radici vincolino maggiormente le terre.

In vari siti della Lombardia si trova, che il Po è contenuto fra argini molto alti e sodi, e specialmente verso la città di Ferrara, ove, attese le deposizioni del fiume, il fondo dell'alveo trovasi più alto della città medesima, la quale verrebbe infallibilmente sommersa, se seguisse una rotta nell'argine.

364. Se il togliere le cause dei danni prodotti dall'acqua riesce di una considerabile spesa, o pure se costa poco l'impedire con sicurezza gli effetti, in simili casi

si costruiscono ripari nei siti minacciati, o in quegli altri siti vicini, che si conoscono propri per ottenere l'intento.

Questi ripari sono di due specie, chiamandosi *semplici*, *munitori*, o *difensivi* quelli, che impediscono solamente le corrosioni, le rotte, e gli allagamenti dalla banda, ove sono costrutti, e diconsi *ripari respingenti* quegli altri, che nell'impedire i danni dalla banda, ove sono costrutti, ribattono l'acqua nell'opposta ripa.

Nel situare i ripari di qualunque specie essi sieno, si dee badare fra le altre cose, che il fiume non possa cambiar letto, nè produrre forti corrosioni superiormente al sito, in cui si costruisce il riparo, poichè in tal caso il lavoro verrebbe preso di dietro, o, coll' avviarsi altrove il fiume, riuscirebbe inutile la spesa. Una parte dei ripari, che dai particolari si fanno nei fiumi, sogliono essere adattati senza questa precauzione, perchè i proprietari dei beni confinanti col fiume ricusano contro ogni ragione di far causa comune per contenere il fiume nel suo letto; da quì avviene poi, che coloro, i quali sono

attualmente danneggiati, fanno delle ſpeſe graviſſime in circoſtanze molto incerte.

365. I ripari munitori ſi praticano in diverſe maniere, dipendenti queſte dalle circoſtanze de' caſi particolari. Noi quì additeremo le principali.

1.ª Il piantare alberi, e boſcaglie lungo le ripe, che non ſono molto alte, è un ripiego aſſai proprio per impedirne le corroſioni: imperciocchè queſte piante col mezzo delle loro radici collegano fortemente la terra della ſponda, e contribuiſcono talora a produrre alluvioni in quelle vicinanze.

Altre volte poi baſta piantare piccioli pali in tempo d' acqua baſſa lungo la ſponda, e dopo d' averli intralciati ſcambievolmente con rami ſi mettono pietre e ghiaia ſul di dietro, affinchè il fiume vi faccia dei depoſiti.

2.ª A viſta d' impedire le corroſioni ſi ridurranno in iſpiaggia le ripe molto erte, e ſe, ciò non oſtante, continuerà il fiume a corroderle in tempo delle piene, converrà laſtricarle con ciotti.

3.ª Qualora poi le circoſtanze non permetteranno di ridurre la piarda in iſpiag-

ispiaggia, si procurerà di sminuirne la ripidezza più, che sarà possibile, indi si pianteranno in questa diverse palificate, le quali si vincoleranno longitudinalmente, e trasversalmente alla ripa con travicelle, formando una specie di graticola, entro cui si farà un lastrico di pietre grosse e mezzane fra loro ben congegnate.

4.ª Se, dopo d' aver ridotta in ispiaggia una ripa erta, si troverà tra il pelo dell'acqua bassa, ed il fondo dell' alveo un risalto, o gradino soggetto a essere corroso, se ne munirà la facciata con una, o due file di gabbioni pieni di grosse pietre, e questi saranno alti a segno di terminare al piè della spiaggia, la quale si lastricherà a dovere.

5.ª Occorrendo, che la corrente fosse vigorosa a segno di superare la resistenza de' gabbioni suddetti, si pianteranno profondamente lunghi pali, che si uniranno fortemente fra loro con travette, e con tavole, o con salsiccioni si formerà uno steccato verso il fiume, che si assoderà per di dietro con grosse pietre; indi si unirà la parte superiore di questo steccato col lastrico della spiag-

gia. Se il fondo dell' alveo sarà improprio per piantarvi i divisati pali, converrà rivestire il risalto suddetto con due, o più file di prismi disposti in modo, che si uniscano scambievolmente.

6.ª I ripari munitori debbono di regola ordinaria essere disposti lungo la ripa del fiume in una direzione parallela alla corrente, o poco obbliqua alla medesima, ed essere bene intestati, cioè la loro estremità verso la venuta dell' acqua dee inoltrarsi nel vivo della sponda, affinchè l' acqua non possa prenderli per di dietro.

7.ª Allorchè nel formare un riparo sott' acqua si usano legnami, convien valersi di questi materiali tanto che basta per fare il recinto, o steccato, il quale si dee poi empiere con grosse pietre; imperciocchè, se s' abbonderà nei legnami, si produrrà per causa della minor loro gravità specifica una forza, che tende di continuo a staccare il lavoro dal fondo dell' alveo per farlo venire a galla. Dal non essersi badato a questa cosa è nata più d' una volta la rovina di ripari, che sarebbero riusciti molto sodi fuori dell' acqua.

366. I ripari respingenti (§. 364) s'inoltrano nell'alveo di un fiume in una direzione, la quale attraversa la corrente in modo, che la ribatte nella opposta ripa. Questi ripari si usano soltanto, allora quando la resistenza della sponda opposta è tale, che non soggiace a corrosioni, nè a verun altro danno, o pure perchè poco importa, che in essa succedano corrosioni.

367. Altri ripari si fanno pure, i quali, se bene s' inoltrino nell' alveo del fiume, non bastano però a ribattere l' acqua nella ripa opposta, nè a cagionarvi verun danno, avvenga poi ciò per causa della gran larghezza dell'alveo, o perchè la maggior profondità di questo trovasi costantemente vicino alla sponda, ove si costruisce il lavoro.

Questi tali ripari si chiamano *restringenti*, e fanno funzione di semplice munitorio, al che importa sommamente badare per ischivare le inutili questioni di nome, che talvolta si eccitano nelle liti da coloro, che s' oppongono alla formazione di somiglianti lavori, di cui se ne acquisterà un' idea giusta coll' osservare quelli, che sotto nome di *pennelli*,

di prismi esistono nella ripa sinistra del Po lungo il giardino Reale del Valentino. Nell'osservare questi pennelli si troverà, che, se bene s'inoltrino nell'alveo in una direzione rettangola colla corrente, cioè a dire in una direzione, che più delle altre è atta a ribattere l'acqua, nulladimeno continua il fiume a scorrere radente l'estremità d'essi pennelli, perchè la maggior profondità dell'alveo trovasi in quelle vicinanze, e perchè il suo fondo formato con grosse pietre, e con materie molto tenaci ascende a misura, che s'avanza verso la ripa destra del fiume.

368. L'elezione del sito per collocare uno, o più ripari, sieno respingenti, o solamente restringenti, contribuisce non solo al buon esito, che si desidera, ma ancora a una giudiciosa economia; per la qual cosa conviene aver presenti le avvertenze generali date (§. 359, 364), e le seguenti particolari.

1.ª Si prenderà in considerazione la larghezza del fiume, e la resistenza dell'opposta ripa per vedere, se in tempo della massima piena l'acqua può tutta sfogarsi per la restante apertura senza

produrre rotte, o corrosioni.

2.ª Si osserverà pure se, atteso il rigonfiamento dell'acqua prodotto dal riparo, non si pericola una qualche rotta, o inondazione ne' siti superiori al riparo.

369. I lavori, che si fanno entro un fiume per trarne vantaggio (§. 358), si praticano diversamente secondo che varia il fine, per cui si costruiscono. Qualora si tratta di sminuire il soverchio terreno occupato da un fiume di corso tortuoso, e instabile, basta raddirizzarne l'alveo (§. 362). Questo stesso ripiego serve talvolta a rendere navigabili somiglianti fiumi, avvegnachè gli alvei rettilinei si mantengono più scavati de' tortuosi (§. 354); altre volte poi fa di mestiere levare le grosse pietre, e gli altri ostacoli, che s'incontrano nel fondo dell'alveo, a fine di rendere navigabile il fiume.

Se il fiume scorrerà diramato in due, o più canali, che di tanto in tanto si riuniscono, converrà necessitarlo a scorrere per un solo, facendo a tal fine delle chiusure nei debiti siti (§. 362),

affinchè s' abbia da per tutto acqua a sufficienza.

Qualora poi i divisati provvedimenti non sono atti a somministrare l'intento, d' uopo è restrignere l' alveo del fiume, o praticare in esso rialti, per cui si formano rigurgiti nei siti scarsi d' acqua. Quest' ultimo ripiego riesce di poca spesa, specialmente quando l' alveo ha pochissima pendenza, avvegnachè produce ringorghi molto lunghi.

I lavori, che si fanno entro un fiume a fine di derivare un qualche canale d' acqua per bagnare le campagne, o per dare movimento a diverse macchine (§. 358), essendo della natura dei ripari, basterà trattare dei medesimi sotto un solo punto di vista, perchè se ne possa poi fare l' applicazione ai casi particolari.

370. I ripari respingenti, ed i restringenti, che si praticano nei fiumi, sono di diversa specie. I più semplici, ed economici consistono in due, o tre file di grossi gabbioni pieni di pietre, e si usano nei fiumi piccioli, o in quelli, che, essendo copiosi d' acque, si mo-

vono lentamente, e non ſoggiacciono a grandi eſcreſcenze.

Allorchè i diviſati ripari non baſtano per reſiſtere alla forza dell' acqua, ſe ne fanno altri a guiſa di ſteccato, come ſono quelli, che s' oſſervano entro il Po nel ſito di Roccafranca. Per coſtruire queſti ſteccati ſi conficcano col montone lunghi pali di rovere nell' alveo diſpoſti in due, o più file, e ſi collegano longitudinalmente, e traſverſalmente con altri legni minori bene inchiodati; ſi chiude indi la periferia di queſta diſpoſizione con tavole, o con un intralcio di pertiche fleſſibili, o di lunghi rami, e ſi empie queſt' incaſſatura con groſſe pietre miſte con ghiaie, a fine di rendere più ſodo il riempimento.

La diverſa robuſtezza, che aver dee queſto lavoro, decide della lunghezza, e groſſezza de' pali, e della maggior loro immerſione nel fondo dell' alveo, il quale dee eſſere formato con materie talmente collegate, che il palo ſi trovi ſempre fortemente inceppato fra eſſe, la qual coſa più non ha luogo, allorchè il fondo è formato con materie

slegate, o facili a essere disciolte: imperciocchè coll' insinuarsi l' acqua nei buchi fatti dai pali ne stempera il terreno, che rinserra i pali, onde, cessando lo sfregamento tra questi e quello, il riparo scapita considerabilmente nella resistenza, la quale in simil caso dipende unicamente dalla differenza fra le gravità specifiche dell' acqua, e de' materiali costituenti il lavoro.

Allorchè la porzione del palo, che avanza fuori del fondo dell' alveo, è molto lunga, e il fondo è formato con materie molli, avviene per causa della continua pressione dell'acqua contro lo steccato, che i pali dilatano sul di dietro il loro buco, e quindi si rovescia il riparo.

Da quanto sovra si è detto si scorge, che i ripari a steccato non si debbono praticare se non se, quando i pali si possono abbarbicare saldamente nel fondo dell' alveo.

371. Allorchè la qualità dell' alveo non ammette i ripari a steccato, d'uopo è valersi dei prismi fatti a norma del (§. 90), o pure costruire il riparo in muraglia, essendo però la prima di queste

maniere più facile, pronta, ed economica della seconda.

Per fare il riparo coi prismi s'appiana a dovere il fondo dell' alveo, sopra del quale si dispongono poi i prismi in più strati l'uno sopra dell' altro in modo, che il taglio verticale fatto trasversalmente alla lunghezza del riparo rappresenta un triangolo equilatere, o un trapezio cogli due angoli alla base di gradi 60 ciascuno in circa. A fine di rendere più saldo il riparo convien situare i prismi di uno strato in una positura trasversale a quella dello strato inferiore, di modo che, mentre quelli del primo strato presentano la loro base alla venuta dell' acqua, quelli del secondo strato presentano la loro lunghezza, e così vicendevolmente gli altri strati superiori, del che tutto se ne acquisterà una giusta idea coll'osservare i divisati pennelli esistenti nella ripa sinistra del Po nel già citato sito del Valentino (§. 367).

Occorrendo, che l' acqua produca movimenti vorticosi vicino al riparo atti a scavare il fondo dell' alveo, e quindi a far precipitare il riparo, sarà neces-

ſario di munirne tutto d'intorno il piede con groſſe pietre, o con priſmi, i quali formeranno una ſpecie di gradino, e queſto ſarà più eſteſo, e più alto nel ſito de' vortici.

Qualora a competente diſtanza s'incontrano pietre di una gran mole, come a dire di una, o di due carrate, e queſte ſono configurate in modo a poterle adagiare ſaldamente le une ſopra le altre, ſe ne fa uſo a preferenza de' priſmi, giacchè un tal lavoro rieſce aſſai più economico di quello de' priſmi.

372. I ripari, che ſi coſtruiſcono in muraglia, ſono aſſai più reſiſtenti degli avanti deſcritti, con queſto divario però, che quelli, che ſono fortemente abbarbicati col fondo dell' alveo, come a dire quelli, che ſono fondati, e coſtrutti a norma de' (§. 91, 94), rieſcono aſſai più ſaldi di quegli altri, che ſi fondano col mezzo di caſſe (§. 95).

Allorchè nel coſtruire un riparo col mezzo di caſſe s'incontra nel fondo dell' alveo una roccia di ſuperficie talmente liſcia, e diſpoſta, che la caſſa pericola di ſcorrere ſulla propria baſe, fa di meſtiere rendere ſcabroſa la ſuperficie ſud-

detta, la qual cosa fra le diverse maniere si può ottenere col mezzo de'*botteroni*, o di picciole mine fatte nella stessa roccia sotto il pelo dell' acqua, dopo del che s' empiono con ghiaia i vani formati dallo scoppio delle mine, a fine di appianare il sito, su cui dee adagiarsi la cassa.

In qualsivoglia di queste due maniere si costruisca il riparo, basterà nel fondarlo regolarsi a norma del §. 94, e degli altri indirizzi dati nel Capo III della seconda parte per fabbricare sotto il pelo dell' acqua. Si usano questi ripari, ognorachè gli altri non possono riuscire bastantemente resistenti, o perchè si dee derivare un gran canale d' acqua da un fiume impetuoso nelle sue piene.

373. Qualunque sia la specie di riparo, che si medita di fare, è sempre necessario d' intestarlo a dovere. Se il riparo avrà una sua estremità nella sponda, dovrà il medesimo inoltrarsi nella ripa a segno tale, che non possa dalle corrosioni del fiume essere preso per di dietro, e dovrà pure l' altra estremità, che s' inoltra nell' alveo, essere ben vincolata, ed unita col restante corpo del

riparo, affinchè non venga rovinata dalla corrente.

Que' ripari, che si costruiscono isolati entro un fiume, a fine di deviare l'acqua, o di produrre un qualche ringorgo, come osservasi nel già citato sito di Roccafranca, debbono pure costruirsi ben saldi, e vincolati in ambedue le loro estremità.

374. L'altezza del riparo dee essere diversa, secondo che varia il fine, per cui si costruisce il riparo: imperciocchè alcuni di questi non debbono mai essere superati dalla massima piena del fiume, come sono le muraglie, che si fanno in ambedue le estremità di un ponte, affinchè questo sia sempre saldamente unito colle ripe, mentre altri ripari si fanno così bassi, che nelle minime escrescenze sono sormontati dall'acqua, come osservasi negli steccati esistenti nel già citato sito di Roccafranca, ed in quello altro, che, coll'attraversare tutta la larghezza della Dora, produce un regurgito, che avvia l'acqua entro il canale per le manifatture del vecchio Parco.

Allorchè si tratta di costruire i primi, basta determinarne la robustezza atta

a resistere alla massima pressione, che l'acqua esercita contro la superficie opposta alla corrente; ma, qualora si tratta de' secondi, fa di mestiere, che si esamini ancora, se l'acqua, cascando dietro il rialto, può scavare il fondo dell'alveo, e sradicare il lavoro; nel qual caso si getteranno grosse pietre dietro il riparo, a fine d'impedire la scavazione suddetta, ed, ove si conosca, che nelle piene l'acqua avrà forza di esportare queste pietre, converrà fare il rialto a guisa di spalto ABCF, e lastricarlo in tempo d'acqua bassa, affinchè nelle escrescenze questa s'avvj in una direzione BC talmente obbliqua col fondo dell'alveo FD, che più non possa scavarlo. Nel profilo della fig. 93 si dà una sufficiente idea di questa disposizione. TAVOLA XVI. FIGURA 93.

Occorrendo, che avanti un qualche riparo si formino vortici capaci a scavare il fondo dell'alveo, si procurerà d'impedire questi effetti con un getto di grosse pietre, le quali, se sia di bisogno, si riterranno in questo sito col mezzo di uno steccato, o pure si collocheranno dei prismi: in somma si formerà una specie di gradino lungo il piè

del riparo, a fine d'impedire, che i vortici non agiscano sul fondo dell'alveo nelle vicinanze del riparo.

TAVOLA XVI. FIGURA 84.

375. I ripari BH, che colla sponda AS del fiume VV considerato in pianta, e colla corrente FH fanno un angolo retto, formano sempre un'alluvione ARHTS, ognivoltachè il riparo è talmente alto, che non è mai sormontato dall'acqua, ed il fiume è soggetto alle torbide: imperciocchè in queste circostanze l'acqua s'ammortisce nel divisato sito, e riesce maggiormente estesa l'alluvione nel sito HTSB a misura, che l'angolo FHD si fa più ottuso, mentre si sminuisce l'estensione delle materie depositate nel sito ARHB. Se, continuando il riparo a essere perpendicolare alla sponda AS, la direzione FH della corrente farà acuto l'angolo FHD, in simil caso si sminuiranno le alluvioni a misura che minore sarà l'angolo suddetto, a segno tale, che più non avranno luogo, se molto acuto sarà l'angolo suddetto.

Tutti i divisati effetti sono poi anche modificati dall'essere la corrente più, o meno vicina alla sponda, in cui trovasi il riparo.

Siccome importa assai, che per la sicurezza del riparo questo sia circondato d' alluvioni, o che l' acqua s' ammortisca nelle sue vicinanze, e specialmente d' intorno al piede, così si gettano grosse pietre, a fine di sminuire ivi la profondità dell' acqua, e quindi anche il suo movimento, il qual ripiego basta talora per formare alluvioni.

376. I ripari CK fatti per derivare dal fiume VV un canale d' acqua GL non hanno mai alluvioni dalla banda M della venuta dell' acqua, ma solamente qualche volta sul di dietro N, secondo che la posizione, e la lunghezza del riparo trovansi combinate colla direzione PQ della corrente nel sito ristretto KZ. Questi ripari possono essere più alti, o più bassi del pelo dell' acqua secondo che esigono le circostanze. Le riflessioni addotte (§. 374), essendo applicabili precisamente anche a questa specie di lavoro, ci dispensano da ulteriori ragionamenti.

377. Dal fin quì detto risulta patentemente che, qualora si dee ideare un riparo qualsivoglia, fa di mestiere badare al motivo, ed al fine, che si ha

nel costruirlo, e di fare sul posto stesso le riflessioni, e le sperienze necessarie (§. 359) per avere i dati del problema, mediante i quali s'arriva poi a determinare la spessezza del riparo, che combinata colle altre condizioni, e coi ripieghi usati nel lavoro, basta a renderlo saldo, e resistente.

Se bene le formole date (§. 216, 217) per equilibrare la resistenza de' pilastri di un ponte colla forza dell'acqua servir possono per determinare in pratica la spessezza de' ripari, tuttavia noi quì aggiugneremo alcune altre riflessioni, affinchè s' abbia una idea compita di tutto quanto interessa questa materia.

378. Veduto abbiamo (§. 329) che la velocità dell' acqua riesce diversa nelle differenti altezze della medesima sezione, di modo che evvi un punto, in cui trovasi la velocità massima, riuscendo minori le altre a misura, che s' avvicinano al fondo dell' alveo, o alla superficie dell' acqua.

TAVOLA XVI. FIGURA 95. Rappresenti ACD la sezione verticale di un fiume, BD la maggior altezza dell' acqua, ove trovasi anche la corrente, e supposto che la velocità dipenda

dipenda unicamente dall' altezza dell' acqua, sia F il sito della massima velocità. Dal punto F si tiri l' orizzontale FG uguale alla velocità, che ha l' acqua in questo sito, le orizzontali HK esprimenti le altre velocità saranno le ordinate della parabola Appolloniana, di cui BD sarà l' asse. Quanto poi alle velocità inferiori LM, siccome il loro scemamento nasce dallo sfregamento dell' acqua nel fondo dell' alveo, così le medesime riescono minori a misura, che sono più vicine al punto D, ove la velocità è zero. La legge di questa diminuzione espressa dalla linea DMG dipende dal modo, con cui segue lo sfregamento, e dall' efficacia di questo.

Allorchè la velocità della corrente dipende dall' altezza dell' acqua, e dalla declività dell' alveo (§. 310, 311), e l' orizzontale FI addita la velocità massima nella sezione ACD, la linea INO, che esprime la scala delle velocità superiori HN, passa sempre per un punto O distante dal punto B, e la legge delle velocità inferiori LP vien espressa dalla linea IPQ, la cui estremità Q è più distante dal punto D a misura, che mag-

giore riesce il movimento nel fondo dell' alveo per causa della declività.

379. Qualunque sia la natura delle linee BGD, OIQ esprimenti la legge delle velocità nei diversi punti H, F, L dell' altezza dell' acqua, si trova sempre

1.° Che nei fiumi, in cui l' altezza suddetta è di qualche considerazione, la massima velocità è più vicina al fondo dell' alveo, cioè $FD < \frac{BD}{2}$.

2.° Che nell' acqua bassa la velocità massima è più vicina al pelo dell' acqua, onde $FD > \frac{BD}{2}$.

Siccome il primo caso ha luogo nelle piene dei fiumi, e che i ripari si debbono proporzionare alla forza di queste, così in avvenire intenderemo di parlare solamente d' esso primo caso.

TAVOLA XVI. FIGURA 96. 380. Se KFGM rappresenta la scala delle velocità FF, GG, che ha l'acqua nei diversi punti dell' altezza BD, che serve d'asse a questa scala (§. 378), e si suppone, che la superficie BKFGMD s' arruota intorno la retta RDR perpendicolare all' asse BD, si trova (Instituzioni Fisico-meccaniche), che il centro

di percussione P è distante dal punto D per una estensione minore di $\frac{2}{3}$ BD, ogni-voltachè la massima velocità FF è più vicina al fondo D dell'alveo, di quello sia vicino al pelo AC dell'acqua (§. 379 n. 1).

Ciò premesso, suppongasi un rettangolo NR, in cui sia RR = NN = FF; l'acqua, che si muove colla legge espressa dalla scala KGFM, agisce contro il rettangolo NR colla medesima efficacia, e nella medesima maniera, che agirebbe contro la superficie BKGFMD, qualora la stessa acqua si movesse con una velocità uguale in tutti i punti dell'altezza BD, e colla legge espressa dal rettangolo NR. Da quì avviene, che il centro di percussione della corrente continua ad essere in P, di modo che si ha

$$PD < \frac{2}{3} BD.$$

381. Combinando la proposizione antecedente colla formola $\frac{2a}{3} X \frac{pc^2S}{38}$ (§. 217), la quale esprime la forza, che l'acqua esercita coll'aiuto di leva contro un riparo, si ricavano le seguenti conseguenze.

1.ª Che, essendo PD $< \frac{2a}{3}$, la quantità di pressione somministrata dalla formola suddetta è maggiore di quella, che l'acqua esercita realmente contro un riparo, che le esibisce una superficie rettangola; per la qual cosa coll'equilibrare la resistenza del riparo al momento di questa potenza si cautela la pratica.

2.ª Che, trattandosi di ripari annessi a una ripa, siccome lo sfregamento dell'acqua in questa ne sminuisce la velocità, così la quantità di pressione dalla formola somministrata riesce vie più eccedente il giusto, e quindi il riparo come sovra equilibrato è maggiormente sicuro.

3.ª Se la direzione dell'acqua sarà obbliqua alla superficie percossa, e il seno retto dell'angolo d'incidenza sia $= m$, la forza, con cui l'acqua agirà nel punto P, sarà PD $\times \frac{pc^2S}{38} \times \frac{m}{sen.\ tot.}$

382. Col mezzo del quadrante a pendolo si determina la velocità dell'acqua, che scorre nei fiumi (§. 331); ma per determinare la velocità dell'acqua, che,

agitata dai venti, ſi muove nei laghi, e nel mare, d' uopo è uſare altri ripieghi.

Allorchè ſpirano venti gagliardi l'acqua dei laghi, e del mare è agitata in modo, che vi ſi formano vari maroſi, o cavalloni, i quali inalzandoſi a grande altezza urtano fortemente nelle ſponde, e negli altri oſtacoli, che incontrano. Per miſurare queſta forza convien oſſervare da terra con una livella a quale altezza s' inalzano i cavalloni ſopra l'orizzonte dell' acqua placida, e ſoſtituire queſt' altezza in vece di $\frac{c^2}{38}$ nella formola $\frac{2a}{3} \times \frac{pc^2S}{38}$ (Inſtituzioni Fiſico-meccaniche), e s'avrà la forza dell'urto diretto contro una ſuperficie rettangola $= S$, la cui altezza $= a$.

Queſta maniera di determinare la forza dell' acqua è vantaggioſa per la pratica, ognivoltachè ſi miſura l' altezza del maroſo vicino all' oſtacolo, ove per cauſa del riſluſſo s' inalza aſſai più di ciò importa l' impeto del vento, che lo produce, giacchè queſt' altezza ſoſtituita

nella formola somministra una forza maggiore del giusto.

383. Per avere la velocità, con cui l'acqua del mare borrascoso urta una superficie, si può anche usare la seguente maniera.

Risulta dalle ripetute osservazioni fatte dai piloti, che nelle burrasche più gagliarde, allorchè la nave corre a seconda de' marosi, il maggior cammino, che questa arriva a fare nel tempo di un'ora, è di diecissette miglia marittime di cinquecento trabucchi ciascuno, e risulta pure, che questo cammino è più veloce del movimento de' marosi, giacchè, qualora si getta dalla nave un qualche galleggiante, questo si ferma a dietro. Se lo spazio come sovra scorsò dalla nave si ridurrà in piedi, e questo numero si dividerà per 3600 minuti secondi, s'avranno piedi $14\frac{1}{6}$ per lo spazio scorso, o sia la velocità della nave in un minuto secondo, e quindi col sostituire nella formola $\frac{2a}{3} \times \frac{pc^2S}{38}$ piedi $14\frac{1}{6}$ in vece di c, ed il peso di un

piede cubo d' acqua del mare in vece di $p =$ libbre $378 \frac{1}{2}$, s' avrà

$$\frac{\frac{24}{3} \times 378 \frac{1}{2} \times 7225\, S}{38 \times 36}$$ per la forza,

con cui il mare urterebbe una superficie $= S$, se si movesse colla velocità massima, con cui la nave cammina nelle divisate circostanze. Ora, poichè questa velocità supera quella dell' acqua, ben si scorge che, se i lavori, che si fanno nel mare, s' equilibreranno colla forza somministrata dalla formola, si verrà con ciò ad assicurare la pratica senza fare spese eccessive.

384. Nei §. 216, 217, e nella Statica si è data la maniera di determinare la grossezza de' lavori fatti nell' acqua, allorchè questi resistono solamente o collo sfregamento, che incontra la loro base nel fondo dell' alveo, o perchè nel ribaltare sono necessitati a aggirarsi intorno un punto fisso. Rimane ora che per compimento di questa teoria si considerì il caso, in cui il lavoro ABCD rappresentato in profilo è saldamente abbarbicato nel fondo BC dell' alveo per TAVOLA XVI. FIGURA 97.

mezzo dei pali ABE, DCF. A tal fine basta riflettere, che in queste circostanze il lavoro non può cedere altrimenti, salvo che i pali si rompano radente gli incastri B, C, essendo tirati da un peso espresso per $\frac{2a}{3} \times \frac{rc^2S}{38}$, il quale applicato nel centro di percussione P agisce coll'aiuto della leva CK nella direzione orizzontale PH, e quindi perpendicolarmente alla lunghezza de' pali, i quali resistono colla loro adesione relativa, di cui se ne determina il quantitativo a norma delle cose insegnate nella Statica senza badare alle materie frapposte ai pali, affinchè il risultamento di questa soluzione assicuri maggiormente la pratica.

Nel resto, se succede talora, che un riparo a steccato, il quale sembrava saldamente abbarbicato nell'alveo, venga distrutto dalla piena di un fiume, ciò avviene, perchè o si schiodano le travicelle, che collegano i pali, o si rompono le pertiche, e le tavole, che formano l'incassatura, o l'acqua con movimenti vorticosi scava il terreno d'intorno i pali, o finalmente il fondo dell'alveo non è di sua natura atto a pro-

durre un continuato, e considerabile sfregamento contro la superficie de' pali per tenerli fortemente inceppati.

385. Porremo fine all'Idraulica colle seguenti avvertenze.

1.ª L'uso della formola $\frac{2a}{3} \times \frac{pcS}{38}$ suppone, che il lavoro percosso sia circondato dall'acqua; ma, se questo sarà isolato, onde solamente una sua superficie sia esposta all'azione dell'acqua, la pressione suddetta sarà doppia, cioè si esprimerà per $\frac{2a}{3} \times \frac{pcS}{19}$ (Instituzioni Fisico-meccaniche).

2.ª Si visiteranno di tempo in tempo i lavori fatti nell'acqua, a fine di riparare que' danni, che negletti possono poi cagionarne la rovina.

3.ª In tempo della piena di un fiume, il quale, attesa la qualità, o disposizione del suolo, per cui trascorre, può produrre rotte, o corrosioni, bisogna che gli abitanti circonvicini siano attenti a disimpegnare gli alberi, o altre cose di tale fatta, le quali, essendo strascinate dall'acqua, si fermano in qualche sito, e vi formano uno ostacolo ca-

pace a ſviare il fiume dal proprio alveo, o a renderlo tortuoſo.

4.ª E' pure neceſſario, che, terminata la piena di un fiume, ſi eſamini, ſe queſta ha prodotto qualche novità nell'alveo, da cui ſe ne poſſano inferire dei danni nelle piene ſucceſſive, e che in queſto caſo ſi vada al riparo dei mali minacciati.

IL FINE.



Tavola 1.ª

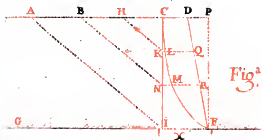
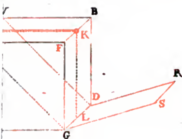


Fig.ª 3.ª



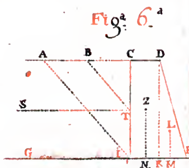


Fig.ª 6.ª

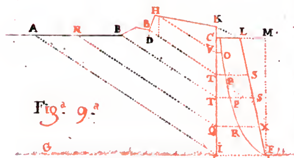
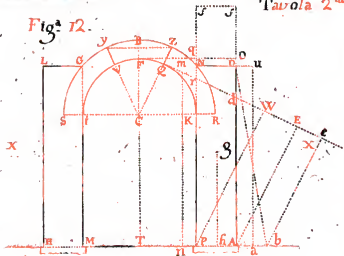


Fig.ª 9.ª



Tavola 2da


Fig.a 12.
L
G
y
B
Z
q
N
D
O
u
V
F
Q
m
r
S
I
C
K
R
d
W
E
e
X
X
8
H
M
T
P
h
A
b
n
a

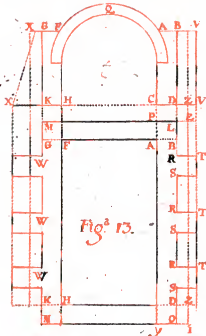

Q
X
G
F
A
B
V
K
H
C
D
Z
P
M
L
R
W
S
T
y
O
I
Fig.a 13.

Tavola. 3.ª

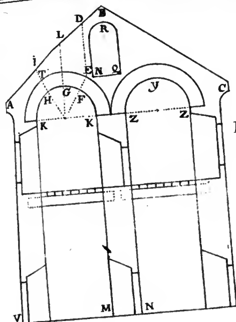
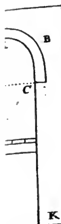


Fig.ª 19.



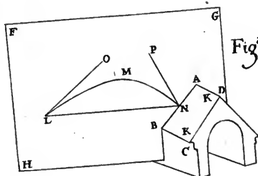
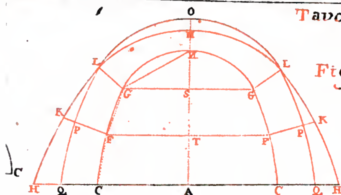


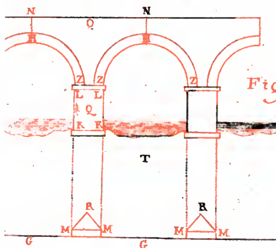
Fig.ª 21.



Tavola. 4ª



Figª 24.



Figª 26.

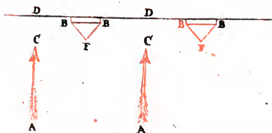
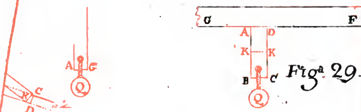
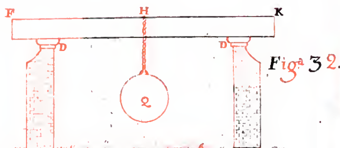


Tavola. 5.ª

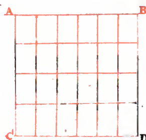


Figª 29.



Figª 32.





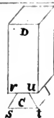
Figª 35.

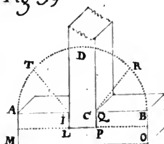
Tavola 6

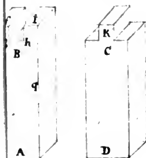
g.ª 38.

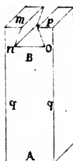
B C Q A D

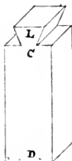
Fig 39

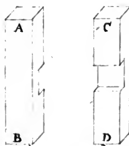












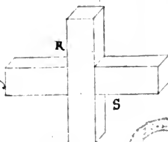
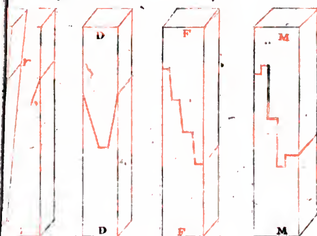




Tavola . 7.ª


Figª 43
r
D
D
F
F
M
M

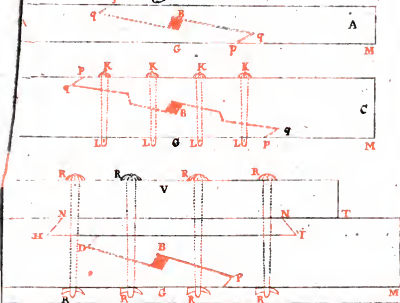
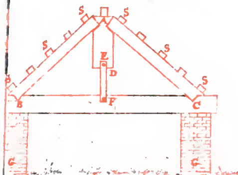
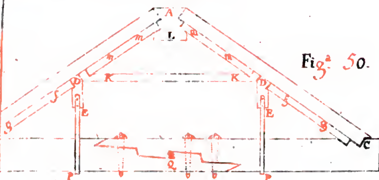
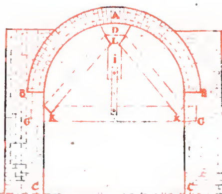
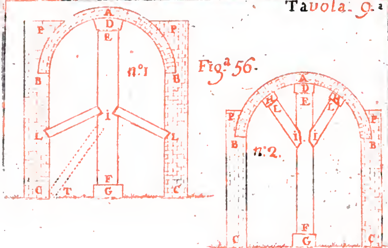

Figª. 45.
p
q
B
A
q
G
p
M
p
K
K
K
K
q
B
C
q
L U
L U
G
L U
L U
p
M
R
R
R
R
V
N
N
T
H
T
D
B
P
R
R
G
R
R
M

Tavola. 8.ª


Figª 47
S
S
S
S
S
S
E
D
B
F
C
G
G


A
L
m
m
K
K
D
D
E
E
Q
P
P
C
Figª 50.


A
D
L
B
B
K
K
G
G
C
C
Figª. 53.


Tavola. 9.a
Fig.a 56.
n.o 1
n.o 2.
A
D
E
P
B
L
i
F
G
C
T
H

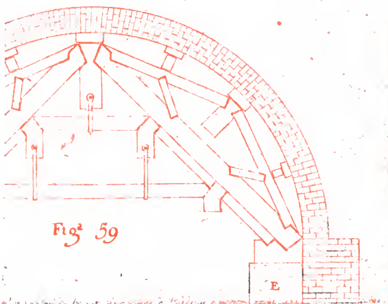
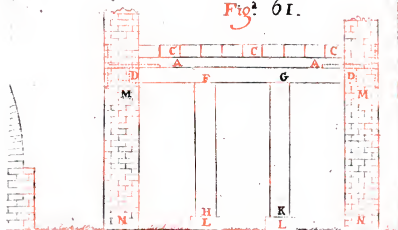

Fig.a 59
E

Tavola. 10ª



Figª 64.

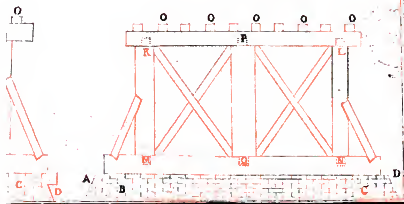
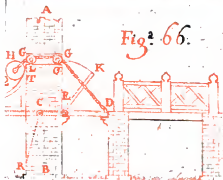
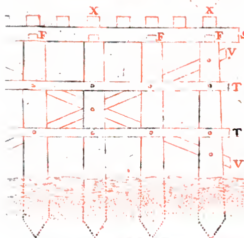


Tavola II.





Figa 68.



Figa 69.

Tavola.12.

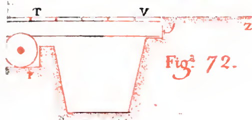


Fig.ª 72.

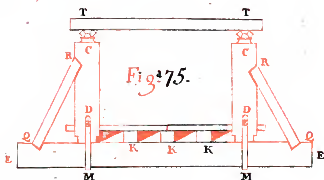


Fig.ª 75.

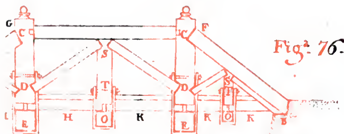
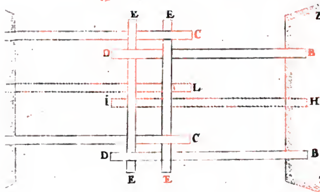
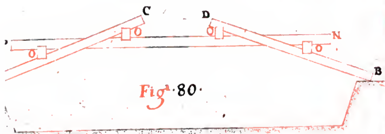


Fig.ª 76.

Tavola. 13.


Figa. 78.
E
E
C
D
B
Z
L
I
H
C
D
B
E
E
Z


C
D
O
O
N
O
O
B
Figa. 80.

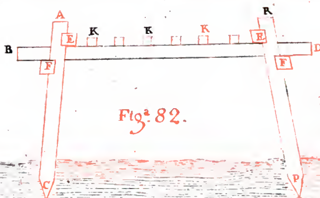
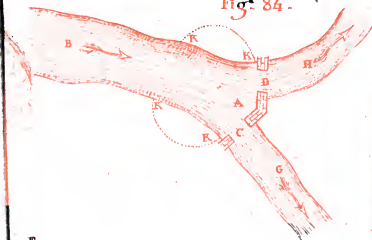

A
R
E
K
K
K
E
B
D
F
F
Figa. 82.
C
P



Fig.a 84.



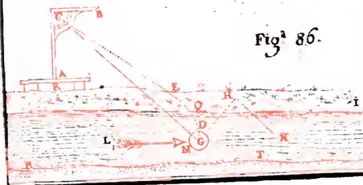
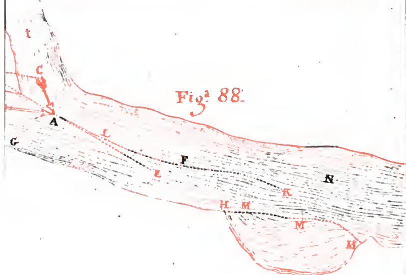
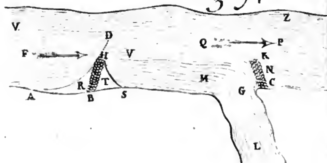


Fig.a 86.

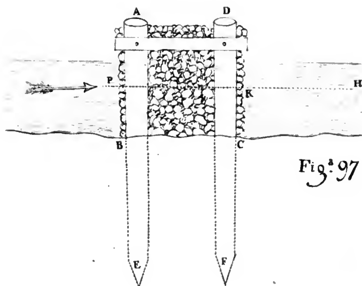

Figª 88.
t
C
A
G
L
F
E
N
K
H
M
M
M


Figª. 91.
K
I
G
Q
P
R
M
F
C
D
N
A
B
H

Tavola . 16.



Figª 94.



Figª 97.

